**DATA 4 Milan S.p.A.**
Sede: Piazza Eleonora Duse, 2
20122 Milano
data4milan@legalmail.it

**Procedimento Unico D.P.R. 160/2010 art. 7_L.R.12/2005 art. 97**

**Nuova costruzione di edificio produttivo ad uso Data Center**
**via Monzoro**
**20007 Cornaredo MI**

# Valutazione previsionale di impatto acustico

**Documento:** 4266 ES A RK 02 -Verifica dei Requisiti Acustici Passivi

**Data**
18 ottobre 2024

**Il Tecnico**

Ing. Emanuele Siciliano
(Tecnico Competente in Acustica Ambientale)

## SOMMARIO

**1. GENERALITA' 3**

**2. PREMESSA 3**

**3. QUADRO NORMATIVO NAZIONALE 3**

*3.1 Legge ordinaria n. 447 del 26 ottobre 1995 3*

*3.2 D.P.C.M. 5 dicembre 1997 4*

**4. QUADRO NORMATIVO REGIONALE 7**

*4.1 Legge regionale della Lombardia n° 13 del 10 agosto 2001 7*

**5. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO 7**

*5.1 Tavole di progetto 14*

*5.2 Caratteristiche dei componenti edilizi previsti da progetto 14*

*5.3 Classificazione degli ambienti in oggetto 14*

*5.4 Analisi degli elementi oggetto di valutazione 14*

**6. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI 14**

*6.1 Considerazioni progettuali di validità generale 14*

*6.2 Indicazioni per la corretta esecuzione delle partizioni verticali 15*

*6.3 Indicazioni per la corretta esecuzione delle partizioni orizzontali 18*

*6.4 Indicazioni per la corretta esecuzione delle facciate 24*

*6.5 Impianti a funzionamento discontinuo e continuo 32*

**7. ELEMENTI DA VERIFICARE 44**

*7.1 Isolamento acustico standardizzato di facciata 44*

**8. CONCLUSIONI 51**

**9. Elenco allegati 51**

## 1. GENERALITA'

Il presente documento **4266 ES A RK 02 Verifica dei Requisiti Acustici Passivi** è parte integrante del **Procedimento Unico D.P.R. 160/2010 art. 7_L.R.12/2005 art. 97.** tale progetto è stato redatto da Lombardini22 Spa - Via Lombardini, 22 Milano.

## 2. PREMESSA

Lo scrivente Ing. Emanuele Maria Siciliano iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n° A 34452, Tecnico Competente in Acustica Ambientale riconosciuto con Decreto del Presidente della Giunta Regione Lombardia n° 8355 del 27.09.2012 (All. 1) e iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) al n° 2176, è stato incaricato di redigere la presente relazione ai fini della verifica dei Requisiti Acustici Passivi e dei Criteri Ambientali Minimi, in ottemperanza al DPCM 05/12/1997.

La richiesta della Committenza prevede l'analisi della normativa applicabile in relazione ai requisiti acustici passivi degli edifici, oltre alla definizione delle principali indicazioni generali di corretta modalità realizzativa, per la **nuova costruzione di un nuovo edificio con destinazione d'uso produttiva per Data Center. Per tali ragioni si rende necessaria la presente relazione dove saranno valutati i requisiti acustici passivi in riferimento a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 "*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*" per i soli ambienti ad uso ufficio.**

Verranno inoltre fornite alcune indicazioni atte a definire una rassegna di linee guida acustiche di tipo progettuale e costruttivo, le quali dovrebbero essere impiegate come riferimento indispensabile per il controllo e la mitigazione del rumore del manufatto architettonico. Alle linee di indirizzo indicate, esplicative dei concetti generali, devono pertanto fare seguito analisi di dettaglio con studio di particolari costruttivi specifici, fondamentali per la corretta riuscita acustica dell'intervento, oltre che un'attenta gestione e sorveglianza della posa in opera e scelta di materiali/componenti in fase di cantiere da parte di specialista in acustica edilizia.

All'interno del presente documento sono riportate indicazioni relative ai soli aspetti acustici. Dall'incarico affidato allo scrivente è esclusa la redazione dei particolari costruttivi, che saranno a carico dell'impresa e dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori.
Risultano escluse ulteriori tipologie di valutazioni relative a qualsiasi altro aspetto (es. igrotermico, energetico, antincendio etc. etc.), che devono eventualmente essere affidate ad altro professionista e/o verificate dalla Committenza.

## 3. QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

Le normative tecniche di riferimento attualmente vigenti ed utilizzate per l'esecuzione della presente valutazione acustica vengono sinteticamente riportate di seguito.

### 3.1 Legge ordinaria n. 447 del 26 ottobre 1995

La Legge ordinaria del Parlamento n. 447 del 26 ottobre 1995 "*Legge quadro sull'inquinamento acustico*" pubblicata sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 125 del 30 ottobre 1995, stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai

sensi e per gli effetti dell'articolo 117 della Costituzione, demandando a successivi decreti di attuazione le specifiche discipline atte a renderne concrete le intenzioni.

### 3.2 D.P.C.M. 5 dicembre 1997

In applicazione della Legge 447/1995 è stato emanato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997 "*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 280 del 1° dicembre 1997, Pubblicato in G.U. Serie generale n. 297 del 22 dicembre 1997. Il presente decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore. I requisiti acustici delle sorgenti sonore diverse da quelle di cui al comma 1 sono determinati dai provvedimenti attuativi previsti dalla legge 26 ottobre 1995, n. 447. 1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A di seguito esposta:

| | |
|---|---|
| **Categoria A** | edifici adibiti a residenza o assimilabili; |
| **Categoria B** | edifici adibiti ad uffici e assimilabili |
| **Categoria C** | edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili |
| **Categoria D** | edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili |
| **Categoria E** | edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili |
| **Categoria F** | edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili |
| **Categoria G** | edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili |

Le grandezze cui far riferimento per l'applicazione del presente decreto, sono definite nell'allegato A che ne costituisce parte integrante e di seguito esposti:

- **$R_w$**: indice di valutazione del potere fonoisolante di elementi di separazione fra ambienti. Si tratta del potere fonoisolante di un elemento misurato in laboratorio, senza il contributo delle trasmissioni laterali;
- **$R'_w$**: indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, comprensivo del contributo di trasmissione laterale delle strutture (da misurare in opera);
- **$D_{2m,nT,w}$**: indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata (da misurare in opera);
- **$L'_{n,w}$**: indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (da misurare in opera);
- **$LAS_{max}$**: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow; per gli impianti a funzionamento discontinuo (gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria);
- **$LA_{eq}$**: livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A; per gli impianti a funzionamento continuo (impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento);
- **T**: tempo di riverberazione.

Di seguito sono sinteticamente descritti tali parametri:

✓ **Tempo di riverberazione (T):**

È il tempo necessario affinché, in un determinato punto dell'ambiente, il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB rispetto a quello che si ha nel momento in cui la sorgente sonora cessa di funzionare.

Varia al variare della frequenza e viene misurato nei valori di ogni singola banda di terzi di ottava.

✓ **Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R'):**

È una grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete o solaio divisori tra due ambienti. Varia al variare della frequenza e viene misurato nei valori di ogni singola banda in terzi di ottava.

Con il termine "apparente" si intende misurato in "opera" e quindi R' prende in considerazione tutta la potenza sonora che arriva nell'ambiente ricevente, sia quella che attraversa direttamente la parete divisoria sia quella trasmessa dal perimetro della partizione connesso con le restanti strutture.

La norma che prescrive il metodo di valutazione del "Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti" è la UNI EN ISO 16283-1:2014 "*Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea*", la quale definisce il potere fonoisolante apparente come:

$$R' = D + 10\log\frac{S}{A} \quad [dB]$$

dove:

D = isolamento acustico = $L_1$ - $L_2$
$L_1$ = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente
$L_2$ = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente
S = Area dell'elemento divisorio
A = Area equivalente di assorbimento acustico = 0,16·V/T
V = Volume dell'ambiente ricevente
T = Tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente

La norma prevede anche un'eventuale correzione in funzione della differenza tra $L_2$ ed il rumore di fondo dell'ambiente ricevente.

Attraverso la metodologia definita dalla Norma UNI EN ISO 717-1 dai singoli valori in bande di terzi di ottava si ricava un unico valore "indice" da confrontare con i valori limite definiti dalla normativa.

✓ **Isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$):**

È la grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete divisoria tra ambiente esterno (sorgente sonora) ed ambiente interno (ricevente).

Il pedice *2m* indica che la misura in esterno viene eseguita a distanza di 2 m dalla facciata; il pedice *nT* indica che il risultato viene normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente.

$D_{2m,nT}$ varia al variare della frequenza e viene misurato nei valori di ogni singola banda in terzi di ottava. È definito dal D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 con la seguente formula:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10\log\frac{T}{T_0} \quad [dB]$$

dove:

$D_{2m}$ = differenza di livello = $L_{1,2m}$ - $L_2$
$L_{1,2m}$ = Livello medio di pressione sonora all'esterno a 2 metri dalla facciata
$L_2$ = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente
T = Tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente
199$T_0$ = Tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5 sec.

Attraverso la metodologia definita dalla Norma UNI EN ISO 717-1 dai singoli valori in bande di terzi di ottava si ricava un unico valore "indice" da confrontare con i valori limite definiti dalla normativa.

✓ **Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L'$_n$):**

È una grandezza che definisce il livello di rumore trasmesso essenzialmente per via solida e strutturale e interessa il complesso pavimento-solaio.

Il pedice *n* indica che la misura viene normalizzata rispetto all'area equivalente di assorbimento acustico. L'$_n$ varia al variare della frequenza e viene misurato nei valori di ogni singola banda in terzi di ottava.

La norma che prescrive il metodo di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato è la UNI EN ISO 16283-2:2016: "*Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: isolamento dal rumore di calpestio*".

Essa definisce il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico come:

$$L'_n = L_i + 10\log\frac{A}{A_0} \quad [dB]$$

dove:

Li = Livello medio di pressione sonora misurato in terzi di ottava nell'ambiente ricevente quando il solaio sottoposto a prova è eccitato dalla macchina generatrice di calpestio normalizzato. È espresso in decibel.
A = Area equivalente di assorbimento acustico = 0,16·V/T
V = Volume dell'ambiente ricevente
T = Tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente
$A_0$ = Area di assorbimento equivalente di riferimento = 10 m²

La norma prevede anche un'eventuale correzione in funzione della differenza tra $L_i$ ed il rumore di fondo dell'ambiente ricevente.

Attraverso la metodologia definita dalla Norma UNI EN ISO 717-2 dai singoli valori in bande di terzi di ottava si ricava un unico valore "indice" da confrontare con i valori limite definiti dalla normativa. Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, sono riportati in tabella B elencata di seguito, i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

| Categorie abitative | Parametri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $R'_w$ (dB) | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $L'_{n,w}$ (dB) | $L_{ASmax}$ (dBA) | $L_{Aeq}$ (dBA) |
| **A, C** | ≥ 50 | ≥ 40 | ≤ 63 | ≤ 35 | ≤ 25 -35* |
| **D** | ≥ 55 | ≥ 45 | ≤ 58 | ≤ 35 | ≤ 25 |
| **E** | ≥ 50 | ≥ 48 | ≤ 58 | ≤ 35 | ≤ 25 |
| **B, F, G** | ≥ 50 | ≥ 42 | ≤ 55 | ≤ 35 | ≤ 25 - 35* |

(*) il Decreto 5/12/1997 fornisce due valori limite di $L_{Aeq}$ differenti tra loro (la tabella B dell'allegato A fornisce il valore limite di 35 dB"A" $L_{eq}$, mentre l'allegato stesso fornisce il valore limite di 25 dB"A" $L_{eq}$). Nel merito del valore da utilizzare sono stati espressi pareri sia dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Sezioni riunite Prima e Quinta, sia dal Ministero dell'Ambiente. Tali pareri risultano anch'essi tra loro discordanti e ad oggi non risulta definito il limite vigente.

## 4. QUADRO NORMATIVO REGIONALE

### 4.1 Legge regionale della Lombardia n° 13 del 10 agosto 2001

La Legge Regionale della Lombardia n° 13 del 10 agosto 2001 all'art. 7, punto 1, prevede per interventi relativi a nuove costruzioni devono essere corredati da valutazione e dichiarazione da parte del tecnico competente in acustica ambientale che attesti il rispetto dei requisiti acustici stabiliti da D.P.C.M. 5 dicembre 1997 e dei regolamenti comunali.

## 5. DESCRIZIONE DELL'AREA D'INTERVENTO

L'area oggetto di intervento è inserita in una vasta area industriale denominata "Il Castelletto"_ex Italtel (già Siemens) ed interessata da una importante trasformazione urbanistica che ha visto coinvolti i Comuni di Settimo Milanese e Cornaredo, in un progetto di riqualificazione da parte di diversi soggetti operanti nel settore dei data center.

*Inquadramento generale*

L'area di interesse, su cui si realizzeranno due edifici ad utilizzo Data Center (DC12 e DC14) di proprietà di DATA 4 S.p.A., è situata nella zona industriale del Comune di Cornaredo posta a sud dell'area comunale più densamente produttiva, all'esterno del centro abitato.

Il lotto è compreso tra via Reiss Romoli a sud, via Monzoro ad ovest e via privata Aganippo Brocchi a nord e confina con il Comune di Settimo Milanese ad est su cui è in essere un cantiere per realizzazione di due Data Center (DC11e DC15).tamelata) e 4 (Carlo Magno) del Polo Urbano.

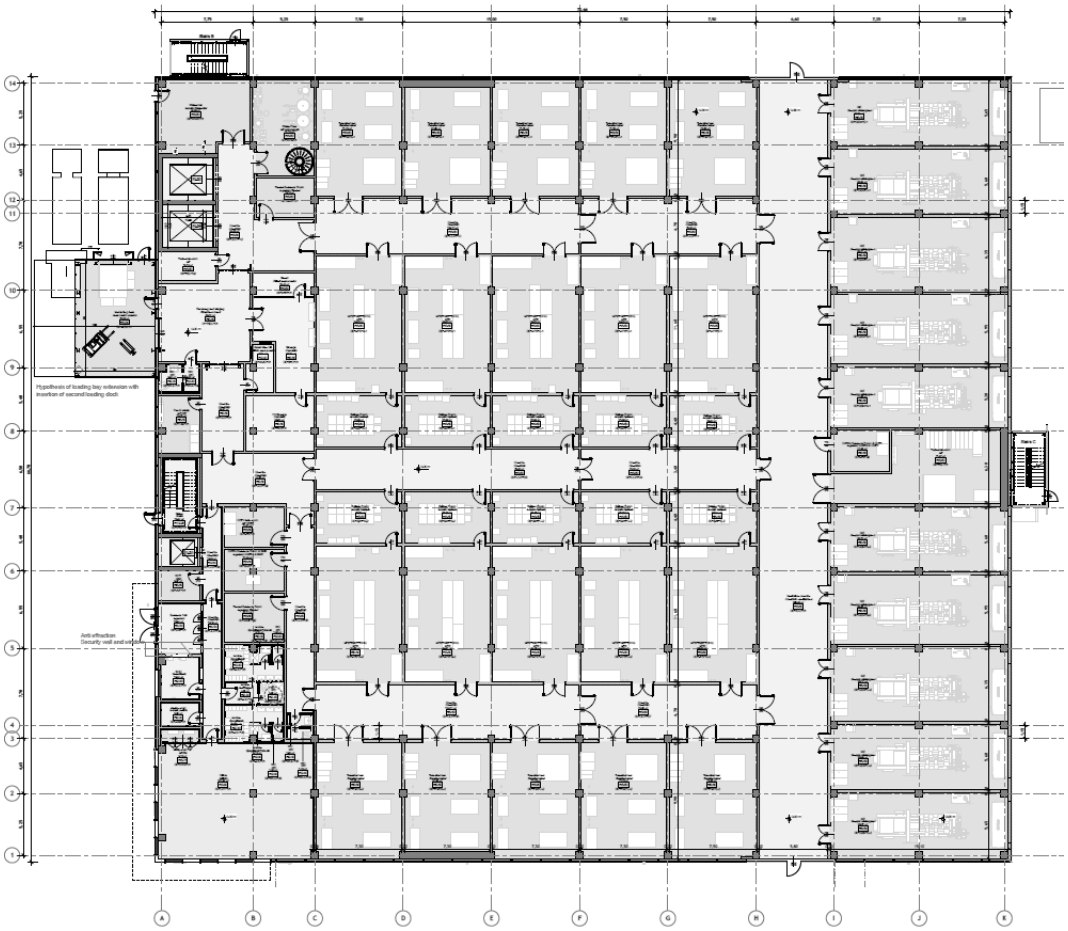
*Vista aerea con individuazione dell'area oggetto di intervento*

Nel lotto verranno realizzati due edifici a destinazione produttiva con utilizzo di data Center.

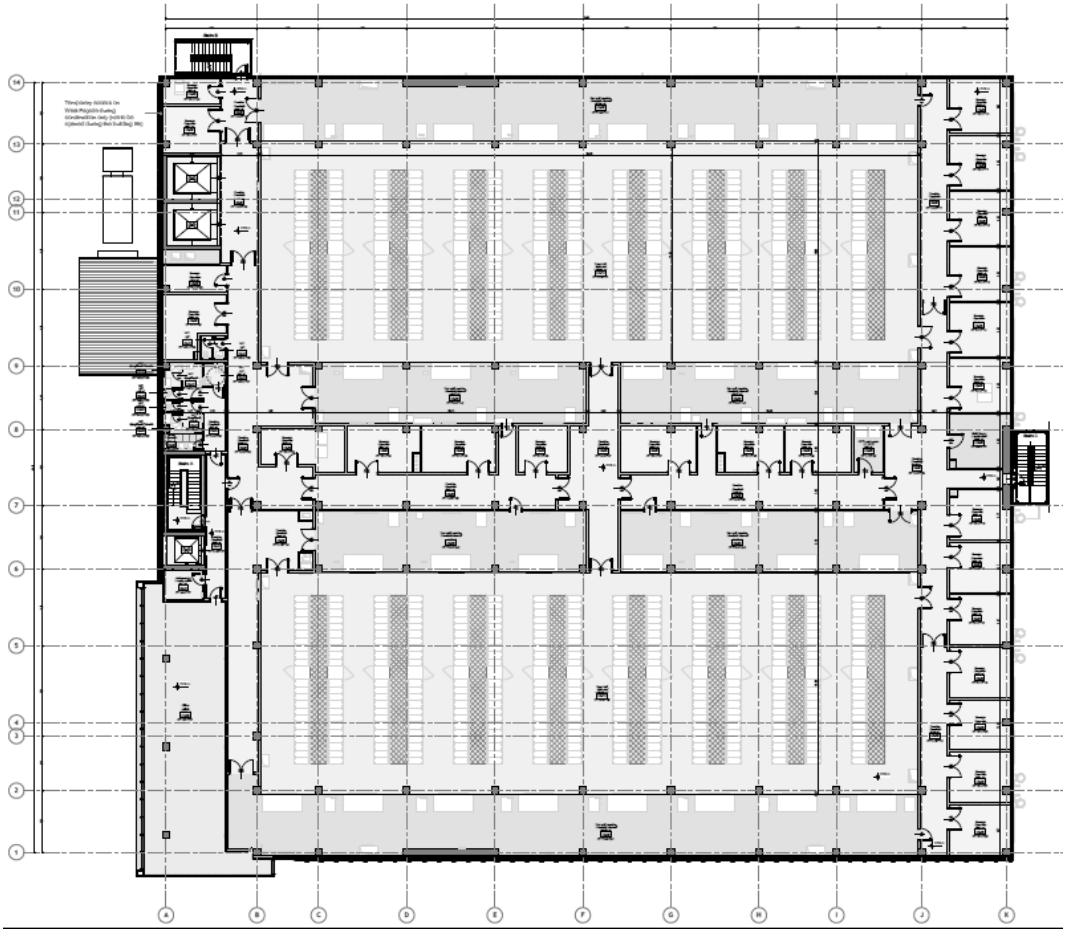
Gli edifici, denominati DC12 e DC14 saranno identici e posizionati a sud e nord del lotto; considerato che gli edifici faranno parte del Campus più esteso che comprende anche il comune di Settimo M. l'accesso principale controllato avverrà da via Aganippo Brocchi.

Il polo tecnologico ha come funzione principale e quella di Data Center, un sito industriale con la presenza di Sale Dati dove si sviluppa il processo digitale (stoccaggio, processamento e trattamento di dati digitali). Sono presenti ambienti a destinazione d'uso uffici a servizio del Data Center con affaccio versi Via Monzoro.

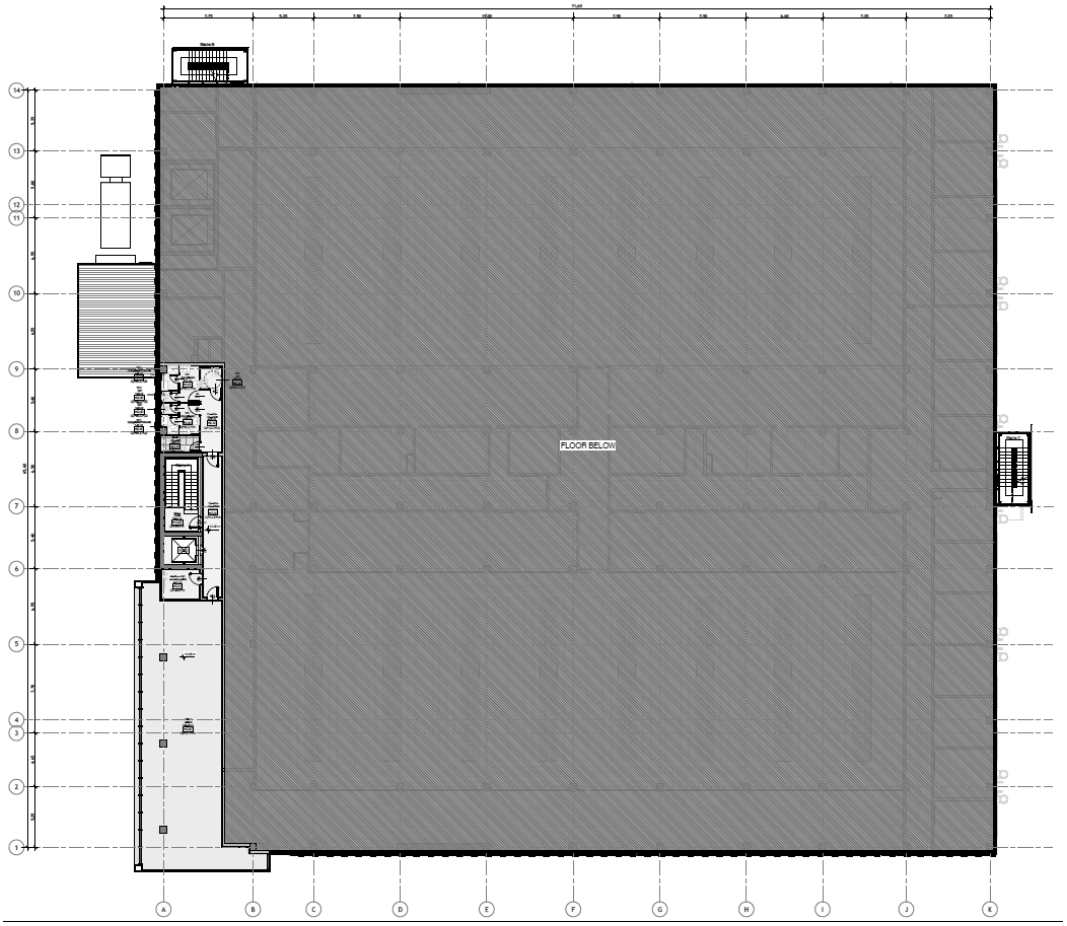
Di seguito si riportano le piante e i prospetti valide per entrambi gli stabilimenti:



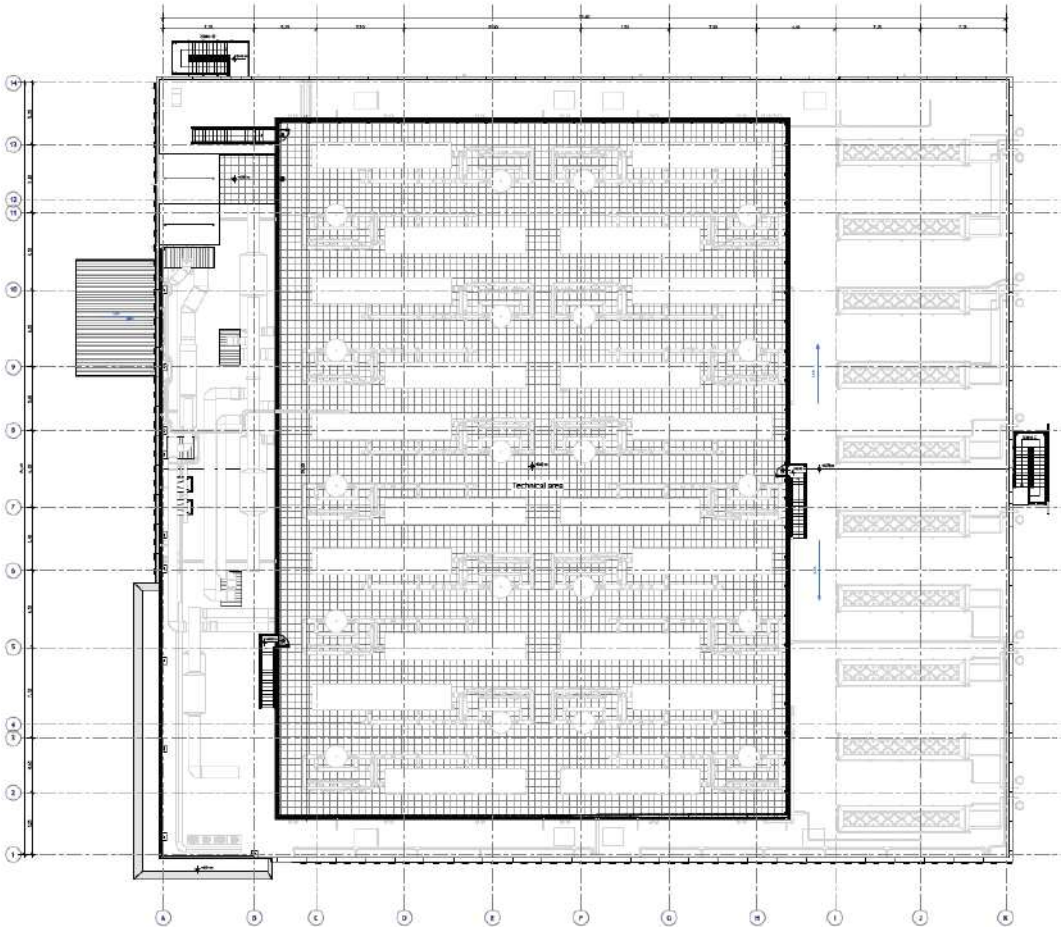
*Pianta piano terra*



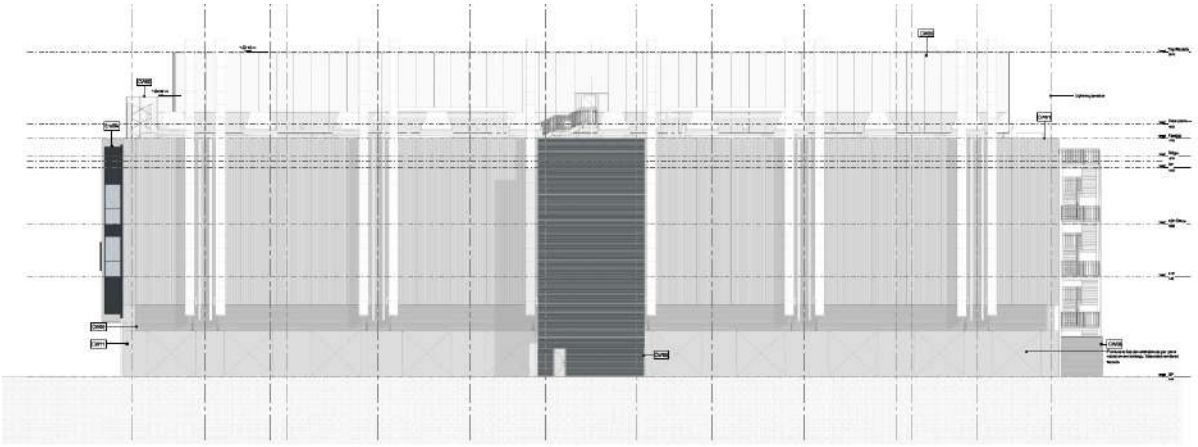
*Pianta piano primo*



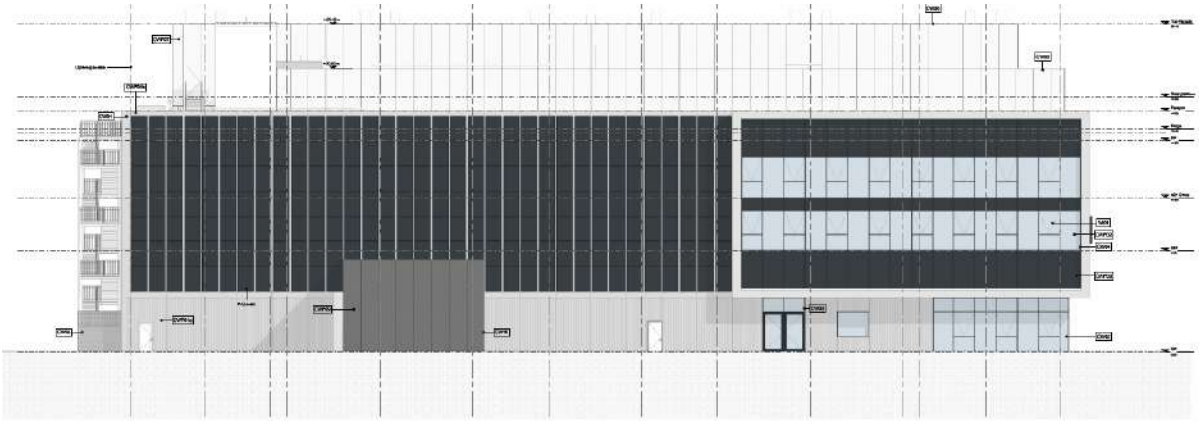

*Pianta piano secondo*



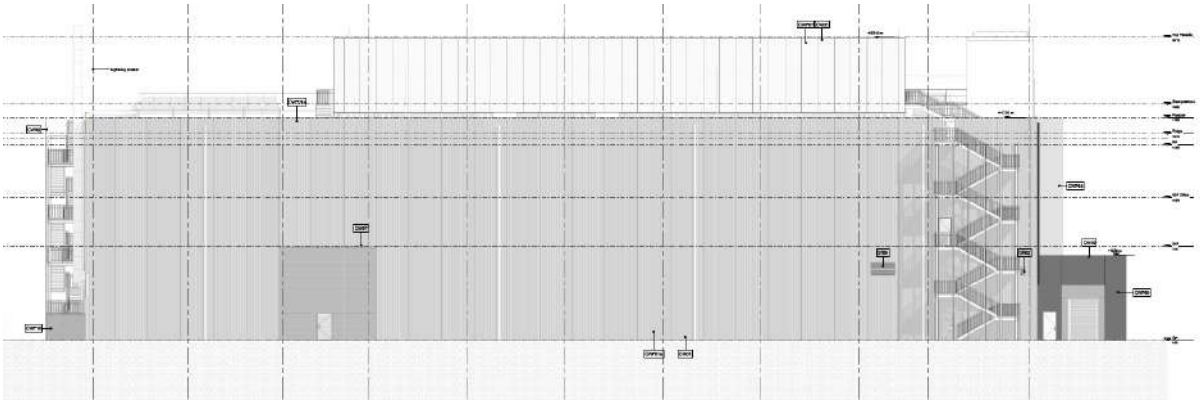
*Pianta piano copertura*



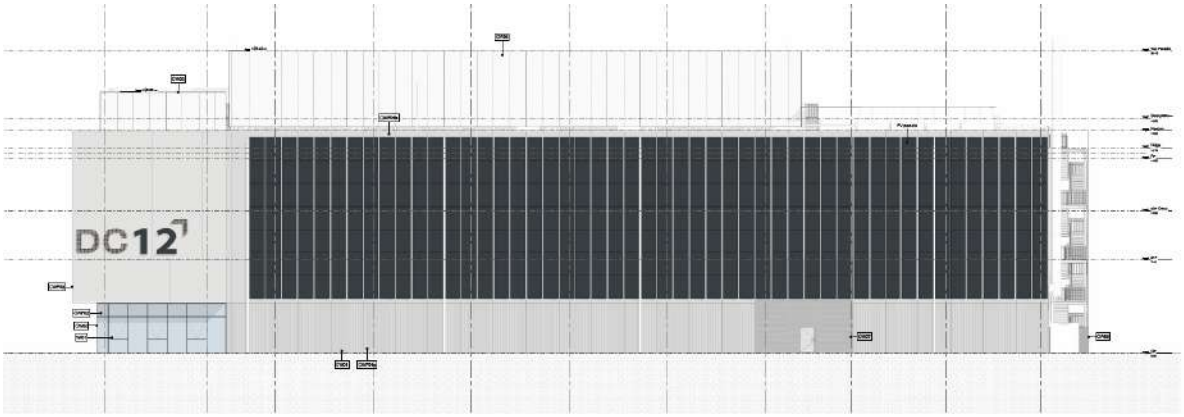
*Prospetto Est*



*Prospetto Ovest*



*Prospetto Nord*




*Prospetto Sud*

### 5.1 Tavole di progetto

Per dettagli in merito alla geometria e alla destinazione degli ambienti si rimanda direttamente agli elaborati grafici del progetto architettonico.

### 5.2 Caratteristiche dei componenti edilizi previsti da progetto

Le informazioni sulle componenti previste in progetto sono state direttamente fornite dalla Committenza o dal progettista architettonico.

Nella presente relazione verranno riportate prescrizioni atte a fornire considerazioni acustiche di tipo progettuale e costruttivo, le quali dovrebbero essere impiegate come riferimento indispensabile per il controllo e la mitigazione del rumore del manufatto architettonico.

### 5.3 Classificazione degli ambienti in oggetto

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di alcuni ambienti adibiti a uffici pertanto si ricade nelle **categorie B del D.P.C.M. 05 dicembre 1997**.:

| Legge o norma | Parametri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | R'w (dB) | $D_{2m,nT,w}$ (dB) | $L'_{n,w}$ (dBA) | $L_{ASmax}$ (dBA) | $L_{Aeq}$ (dBA) |
| **DPCM 05/12/1997** | ≥ 50 | ≥ 42 | ≤ 55 | ≤ 35 | ≤ 25 - 35* |

(*) il Decreto 5/12/1997 fornisce due valori limite di $L_{Aeq}$ differenti tra loro (la tabella B dell'allegato A fornisce il valore limite di 35 dB"A" $L_{eq}$, mentre l'allegato stesso fornisce il valore limite di 25 dB"A" $L_{eq}$). Nel merito del valore da utilizzare sono stati espressi pareri sia dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Sezioni riunite Prima e Quinta, sia dal Ministero dell'Ambiente. Tali pareri risultano anch'essi tra loro discordanti e ad oggi non risulta definito il limite vigente.

(**) $L_{ic}$ è il livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo. È esclusa la valutazione del rumore immesso dagli impianti nella stessa unità immobiliare cui essi sono asserviti.

(***) $L_{id}$ è il livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo. È esclusa la valutazione del rumore immesso dagli impianti nella stessa unità immobiliare cui essi sono asserviti.

### 5.4 Analisi degli elementi oggetto di valutazione

L'edificio in oggetto costituisce unica unità immobiliare, pertanto, sulla base di quanto indicato nella descrizione dell'intervento ed in riferimento al quadro normativo nazionale sopra descritto, si prevede la valutazione del seguente indice:

- isolamento acustico standardizzato di facciata **$D_{2m,nT,w}$ ≥ 42 dB**.

## 6. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

### 6.1 Considerazioni progettuali di validità generale

Le caratteristiche acustiche di componenti e di impianti in opera, dipendono sia dalle caratteristiche acustiche intrinseche dei componenti impiegati ma soprattutto dalle modalità di posa in opera degli stessi. Si suggeriscono pertanto alcune raccomandazioni che risultano acusticamente valide in generale per qualunque parametro/elemento dell'edificio oltre che per l'isolamento di facciata, l'isolamento acustico dei divisori tra unità immobiliari, l'isolamento dal calpestio e la rumorosità prodotta da impianti. La mancata messa in opera delle indicazioni seguenti può comportare la non rispondenza finale alle prescrizioni normative.

Nell'ottica del perseguimento delle corrette prestazioni di isolamento acustico in opera, si raccomanda di svolgere delle misurazioni di collaudo acustico dei requisiti acustici passivi in corso di realizzazione dell'edificio.

**Eventuali modifiche alle stratigrafie o il mancato rispetto delle prescrizioni riportate all'interno della presente relazione annullano la validità della medesima e rendono necessarie ulteriori verifiche e valutazioni.**

Di seguito si riportano alcune indicazioni acustiche di carattere generale:

- interrompere l'omogeneità e la continuità tra le strutture orizzontali e verticali.
- evitare i collegamenti diretti tra elementi impiantistici generatori di rumori e/o vibrazioni con le strutture, inserendo tra essi materiali o giunti smorzanti dissipatori e impiegando tubazioni di adeguato isolamento acustico.
- nelle giunzioni dei componenti costitutivi di murature verticali (es. blocchi di laterizio, calcestruzzo, etc. o lastre di cartongesso o di altra tipologia) o di chiusure esterne (facciata) occorre che i giunti, sia orizzontali che verticali, siano completamente accostati e sigillati.
- chiudere perfettamente ogni spazio di possibile passaggio del rumore, compresi punti di ingresso del rumore in cavedi o fori passaimpianti collegati ad ambienti abitativi, evitando il passaggio di tubazioni e la presenza di impianti tra diverse unità immobiliari o ambienti dedicati al riposo o allo studio.
- realizzare collegamenti "elastici" al perimetro delle partizioni interne alla stessa unità immobiliare, prevedendo, ad esempio, alla base delle murature strati elastomerici a completa disconnessione della parete dagli elementi circostanti.

### 6.2 Indicazioni per la corretta esecuzione delle partizioni verticali

L'indice di potere fonoisolante apparente delle partizioni verticali non è in questo caso oggetto di verifica normative verso altre unità immobiliari. Si ritiene ad ogni modo utile elencare una serie di prescrizioni riguardanti le stratigrafie, le quali potenzialmente potrebbero essere afflitte da prestazioni fonoisolanti insufficienti, qualora fossero installate in modo non corretto. Le caratteristiche acustiche delle pareti infatti dipendono sia dalle caratteristiche acustiche intrinseche dei componenti impiegati ma soprattutto dalle modalità di posa in opera degli stessi. Ai fini di una corretta realizzazione le partizioni devono rispondere alle seguenti prescrizioni:

- stratigrafie asimmetriche agevolano il buon isolamento acustico delle strutture;
- in presenza di eventuali pareti divisorie in blocchi cavi posizionare i blocchi con i fori orientati in verticale e non in orizzontale, sia per le pareti divisorie che per pareti ad esse perpendicolari.
- **le pareti e le contropareti devono essere realizzate con altezza da soletta a soletta** (quindi dall'estradosso del solaio portante e non sopra il massetto di pavimento) curando la chiusura completa di tutti gli spazi, anche in presenza di eventuale controsoffitto.
- se necessario, **sagomare il cartongesso** in modo che le pareti aderiscano il più possibile all'intradosso della soletta e a qualsiasi altro elemento.
- interrompere l'omogeneità e la continuità tra le strutture orizzontali e verticali, realizzando elementi "elastici" sia al di sotto delle partizioni di separazione tra unità immobiliari distinte, sia di partizioni

interne alla medesima unità immobiliare e sia di pareti di facciata, prevedendo alla base delle partizioni strati elastomerici che la avvolgano a completa disconnessione della parete dagli elementi circostanti, compreso anche massetti copri-impianti. Nello specifico le pareti devono essere desolidarizzate rispetto alle strutture cui si appoggiano tramite interposizione di fasce in materiale elastomerico antivibrante, come ad esempio fasce in gomma per murature in blocchi pesanti (laterizio, calcestruzzo, etc.) o similari oppure fasce in polietilene espanso di almeno 5 mm di spessore per strutture a secco (gesso rivestito e similari). La superficie su cui viene posato il materiale elastico deve essere perfettamente pulita da qualsiasi asperità o residuo di lavorazione.

- in presenza di strati formati da più pannelli i giunti di sovrapposizione devono essere sfalsati tra un pannello ed il pannello sovrapposto.
- realizzare giunti tra i componenti costituenti le pareti completamente chiusi (sia per i giunti orizzontali che verticali).
- impiegare isolanti di tipo fibroso per l'isolamento delle pareti, avendo cura di accostarli perfettamente senza lasciare interstizi e spazi liberi.
- sigillare con stucco le pareti in corrispondenza dell'attacco della parete (alla base, alla sommità e lateralmente). **Le pareti non devono presentare in nessun punto fessure passanti**.
- per pareti formate da più strati occorrerà evitare connessioni tra di essi. In particolare le strutture di guida delle pareti in cartongesso che compongono la parete a divisione tra ambienti sensibili dovranno essere disconnesse, almeno da uno dei due lati, di almeno 5 mm dallo strato centrale. La stessa attenzione dovrà essere prestata per tutte le contropareti a progetto e per le strutture dove alloggiano le cassette WC che non dovranno per nessun motivo venire a contatto con la struttura retrostante.

**Indicazioni per il passaggio di impianti**

Di fondamentale importanza è la cura nella realizzazione dei particolari legati all'attraversamento degli impianti (canali, tubi, canaline elettriche) pertanto si riportano alcune prescrizioni da adottare ai fini di una corretta realizzazione:

- **i passaggi impiantistici non dovrebbero mai avvenire attraverso le pareti a divisione tra ambienti.** Realizzare la distribuzione dei canali principali negli ambienti comuni di distribuzione e prevedere stacchi verso gli ambienti dalle partizioni di ingresso agli stessi.
  - i passaggi impiantistici dovranno essere perfettamente sigillati e si dovranno minimizzare i ponti acustici.
  - nel caso di attraversamenti delle pareti da tubazioni e/o canali, dovrà essere interposto materiale elastomerico per la disconnessione (maggiori dettagli si riportano nella sezione impianti).
  - gli attraversamenti impiantistici per lo scarico e l'adduzione dell'acqua, non dovranno intaccare le pareti che dovranno essere di spessore adeguato.
  - quando all'interno di ambienti sensibili riempire internamente i cavedi con fibra di poliestere o lana minerale.
  - tutti gli attraversamenti impiantistici dovranno essere sigillati con stucco e/o silicone. Sarà importante non realizzare forometrie di dimensioni superiori alle dimensioni del canale e/o tubazione impiantistica.

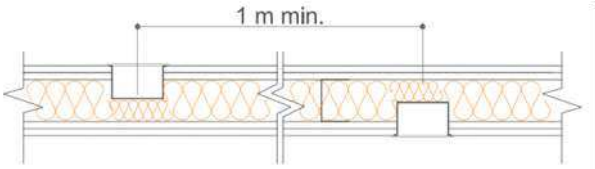
In caso di forometrie di dimensione maggiore, il foro dovrà essere ripristinato con lastra in cartongesso e dovrà essere effettuata la sigillatura con stucco.

**Indicazioni per la realizzazione degli scassi per il passaggio di impianti elettrici**

Scassi impiantistici nelle partizioni divisorie tra ambienti sensibili devono essere vietati fin dalla genesi del progetto edilizio. Ogni riduzione di spessore degli strati che compongono le partizioni divisorie concorre infatti a ridurre e in alcuni casi inficiare completamente l'isolamento acustico della partizione pertanto è assolutamente vietato predisporre quadri elettrici sulle pareti divisorie.

Al fine di non compromettere le prestazioni di isolamento acustico è necessario evitare il posizionamento delle scatole da incasso per impianti elettrici negli elementi divisori, in particolare è bene evitare le tracce impiantistiche e i passaggi di impianti tra ambienti necessitanti particolare quiete. Nel caso in cui non vi siano alternative, **lo scasso nell'elemento costruttivo deve essere effettuato senza intaccare**, per nessun motivo, **lo strato intermedio della stratigrafia**. Le scatole elettriche possono essere realizzate con diversi accorgimenti, tra cui:

- realizzare scassi solamente da un lato della partizione e in numero estremamente ridotto;
- occorre evitare che le sezioni della parete adibite ad alloggiamento di frutti elettrici non siano tra loro specchiati/contrapposti. È necessario sfalsarli tra una faccia e l'altra del muro divisorio di almeno 1 m, e inserire almeno una guida metallica tra scatole contrapposte e avendo all'interno materiale fibroso;




*Corretto posizionamento delle scatolette elettriche quando posizionate contrapposte*

- realizzare almeno da uno dei lati un rivestimento della scatoletta con pezzi di lastra o gomma pesante;

*Ripristino isolamento acustico sul retro delle scatolette*

- utilizzare scatolette acustiche, realizzate con plastiche additivate di inerti per aumentarne la massa e dotate di guarnizioni nei punti di passaggio dei cavi per limitare ogni fessura.

### 6.3 Indicazioni per la corretta esecuzione delle partizioni orizzontali

L'indice di potere fonoisolante apparente delle partizioni interne orizzontali e il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato non sono oggetto di verifiche normative ma si ritiene utile elencare una serie di prescrizioni riguardanti le stratigrafie, le quali potenzialmente potrebbero essere afflitte da prestazioni fonoisolanti insufficienti, qualora fossero installate in modo non corretto:

- realizzare la completa disconnessione acustico-vibratoria di eventuale pavimentazione sopraelevata, interponendo uno **strato resiliente puntualmente sotto i piedini**, al fine di ovviare al problema della trasmissione del rumore da calpestio. Dove è previsto il massetto **realizzare la completa disconnessione acustico-vibratoria della pavimentazione**, tramite interposizione di adeguato materassino anticalpestio tra la soletta strutturale e massetto cementizio.
- **eventuali tubazioni transitanti nel massetto di pavimentazione e collegate alle pareti devono essere completamente rivestite con materiale elastomerico e/o morbido**, al fine di evitare la trasmissione di vibrazioni/rumori alle strutture.

**Solette con pavimentazione sopraelevata**

La soluzione più comune per limitare il rumore di calpestio **consiste nella disconnessione puntuale con uno strato resiliente della pavimentazione sopraelevata da posizionare sotto i piedini della struttura**, opportunamente dimensionato dal fornitore della pavimentazione.

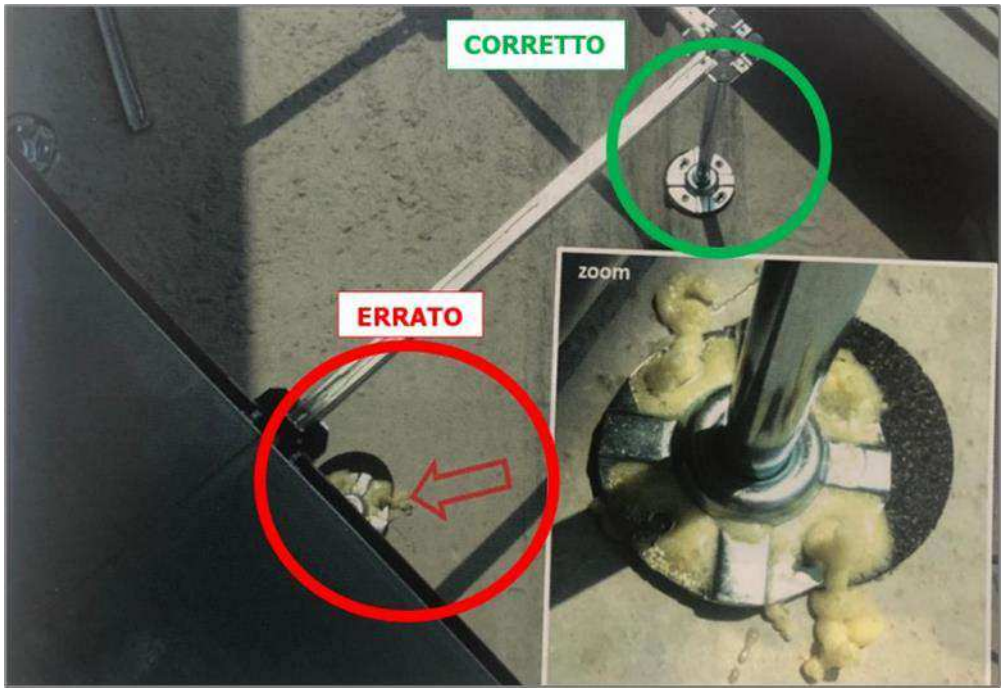
*Esempio di posizionamento di elemento anticalpestio al di sotto della base del piedino*

Per migliorare le prestazioni di isolamento al calpestio delle partizioni orizzontali, **è utile l'installazione all'interno degli ambienti di lavoro di un pavimento tessile tipo moquette, preaccoppiato ad un materassino antismorzamento**.

L'indice di riduzione al rumore da calpestio della pavimentazione sopraelevata dovrà essere $\mathbf{\Delta L_w \geq 25\ dB}$. Ai fini acustici è fortemente raccomandata la selezione e l'installazione di una finitura avente prestazioni pari o superiori a quanto sopra indicato, certificate in laboratorio acustico accreditato.

Si riportano di seguito alcune indicazioni di corretta posa in opera dello strato resiliente sotto i piedini della pavimentazione sopraelevata:

- è importante che il fissaggio del piedino con resine, colle specifiche o fissaggio meccanico non interferisca con il corretto funzionamento dell'elemento desolarizzante;
- il fissaggio, se eseguito mediante collante, non deve eccedere la base del piedino per evitare di ricollegarlo al solaio portante. È consigliato scegliere sottopiedini di dimensioni leggermente maggiori rispetto alla base del piedino per limitare i problemi generati da eventuale errata posa in opera.




*Esempi di posa dell'elemento desolarizzante sotto piedino*

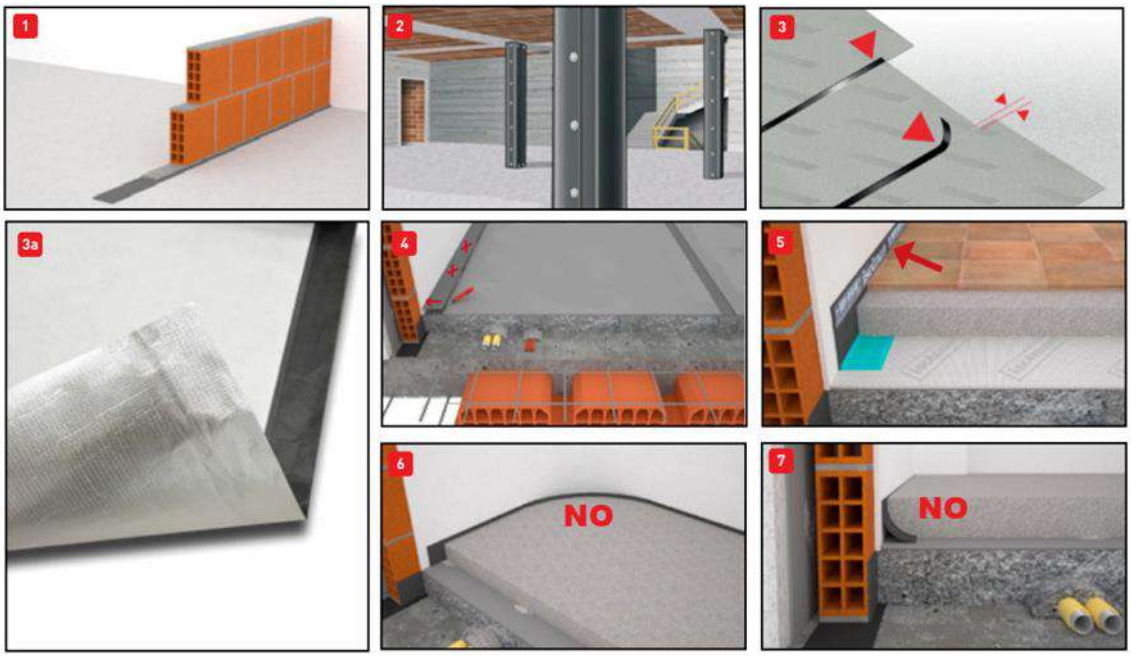
**Solette con massetto di finitura**

Per le stratigrafie dove sono presenti massetti di finitura, si prescrive la realizzazione di un "massetto galleggiante", **realizzato interponendo un opportuno materassino elastomerico**, denominato strato anticalpestio, tra il massetto di pavimento (che funge da "massa flottante") e lo strato sottostante (tipicamente un massetto copri-impianti), completo di fascia perimetrale, con l'obiettivo di confinare la vibrazione della massa rigida a sé stessa, evitando che tale vibrazione venga trasmessa agli elementi edilizi contigui e da questi ai locali circostanti.

Il materassino anticalpestio selezionato dovrà avere adeguata rigidità dinamica (da stimare in base al carico del massetto e degli strati sovrastanti) ed essere costituito da materiale a celle chiuse, non dovrà avere un creep (scorrimento viscoso) a 10 anni superiore al 10%, il coefficiente di comprimibilità dovrà risultare pari o inferiore a CP2 e non dovrà essere soggetto a decadimento prestazionale nel tempo a 10 anni superiore al 10%.

Di seguito si riportano alcune indicazioni di corretta posa in opera del materassino anticalpestio sotto massetto:

- realizzazione della completa disconnessione acustico-vibratoria della pavimentazione, tramite interposizione di adeguato strato resiliente (strato anticalpestio) tra la soletta strutturale priva di asperità e massetto cementizio, anche per i solai non oggetto di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato. I teli dello strato anticalpestio devono coprire tutta la superficie della soletta strutturale e devono essere accostati accuratamente e sigillati mediante nastro apposito (*immagine 3*).
- la fascia perimetrale deve risultare perfettamente aderente alle pareti per tutto il loro sviluppo. L'altezza deve essere scelta tenendo conto delle quote effettive del cantiere, in modo che vi sia una eccedenza di fascia perimetrale di circa 2/3 cm da rifilare dopo la posa del pavimento (*immagine 5*). La continuità deve essere garantita necessariamente anche lungo le soglie delle porte di ingresso e delle portefinestre, nonché in corrispondenza delle nicchie tecniche per l'alloggiamento dei collettori dell'impianto termico, se presenti.




*Immagini indicative per la corretta posa in opera dello strato resiliente del solaio*

- è necessario evitare che in corrispondenza degli angoli resti del vuoto tra la fascia e le pareti (*immagine 6*) dove potrebbe infilarsi materiale cementizio. Inoltre è necessario accertarsi che la fascia perimetrale aderisca con continuità lungo la connessione solaio-parete: la formazione della sguscia (*immagine 7*) determina una riduzione dello spessore del massetto, che in quel punto manca del supporto del solaio, rischiando nel tempo di arrivare a rottura.
- in presenza di pilastri, lesene, porte, nicchie dei collettori ed altri movimenti delle pareti, la fascia perimetrale va modellata senza interruzione per seguire fedelmente il perimetro dei locali.
- i massetti di spessori inferiori a 5 cm è consigliabile che siano armati con idonea rete o con fibre.
- l'eccedenza della fascia perimetrale dev'essere rifilata solo al termine della posa e stuccatura della pavimentazione (*immagine 10*) e prima della posa del battiscopa. Il contatto diretto del pavimento con le pareti, infatti, costituisce un ponte acustico, che ostacola il "galleggiamento" del massetto sul materassino

elastico e che provoca una perdita di isolamento di alcuni decibel. Il pavimento deve dunque essere posato a contatto con la fascia perimetrale garantendo il funzionamento elastico del sistema.

- lo zoccolino battiscopa deve essere fissato alla parete mantenendolo separato dalla pavimentazione sigillando lo spazio con elementi elastici a base siliconica o con una malta additivata a comportamento flessibile (*immagine 11*). Tale aspetto è di fondamentale importanza nei locali con zoccolino in piastrelle o pareti rivestite in piastrelle o altro simile materiale, come ad esempio i bagni. Nel caso in cui il giunto fosse rigido esso impedirebbe al pavimento di galleggiare.

*Immagini indicative per la corretta posa in opera dello strato resiliente del solaio*

**Nodo tra soletta e facciata continue**

In presenza delle facciate continue è necessario studiare il nodo che si crea tra il perimetro della soletta e il serramento in quanto rappresenta un punto debole per le partizioni orizzontali. Il sistema di attacco di facciata continua alla soletta tra due ambienti sovrapposti dovrà garantire un adeguato isolamento acustico in modo che venga garantito il comfort degli utilizzatori.

**Indicazioni per il trattamento delle soglie d'ingresso**

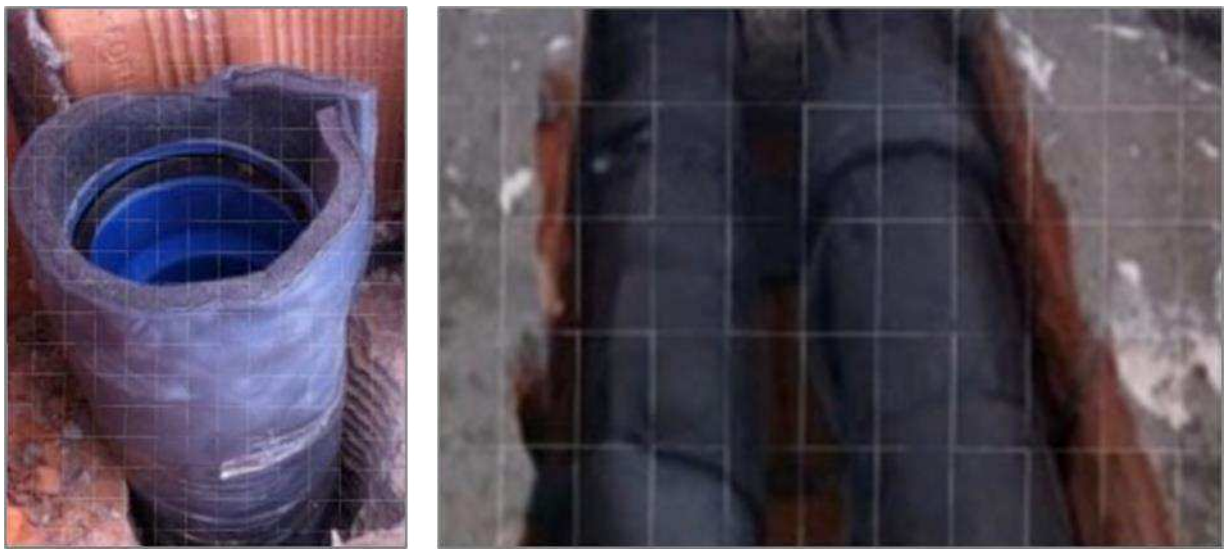
Le soglie devono essere completamente disconnesse dalle strutture e dalle pareti contigue. In particolare, all'interfaccia tra soglia e pavimento del locale interno è necessario interporre una bandella di materiale elastico al fine di impedire la trasmissione strutturale delle vibrazioni da un elemento all'altro.

Di seguito si riporta un esempio dove risulta visibile l'errata posa con la porzione di bandella della soglia strappata e gettata a lato con conseguente riconnessione rigida del massetto alla parete e quindi la trasmissione vibratoria che inficia la prestazione dell'intero elemento anticalpestio. L'esempio di corretta posa mostra la bandella ancora in posizione che verrà tagliata solo a posa della pavimentazione finita.

*Esempi di posa errata e corretta di bandella perimetrale in corrispondenza di soglia*

**Trattamento delle tubazioni idrico-sanitarie transitanti nelle strutture**

Tutte le tubazioni idrico-sanitarie transitanti nel massetto di pavimentazione, comprese le parti transitanti o collegate alle pareti, devono essere completamente rivestite con materiale elastomerico e/o morbido (laddove necessario, ad esempio se transitanti su locali abitativi, con strati anche ad alto isolamento acustico oltre che elastomerici), al fine di evitare la trasmissione di vibrazioni/rumori alle strutture/elementi contigui.



*Esempi di corretto rivestimento delle tubazioni*

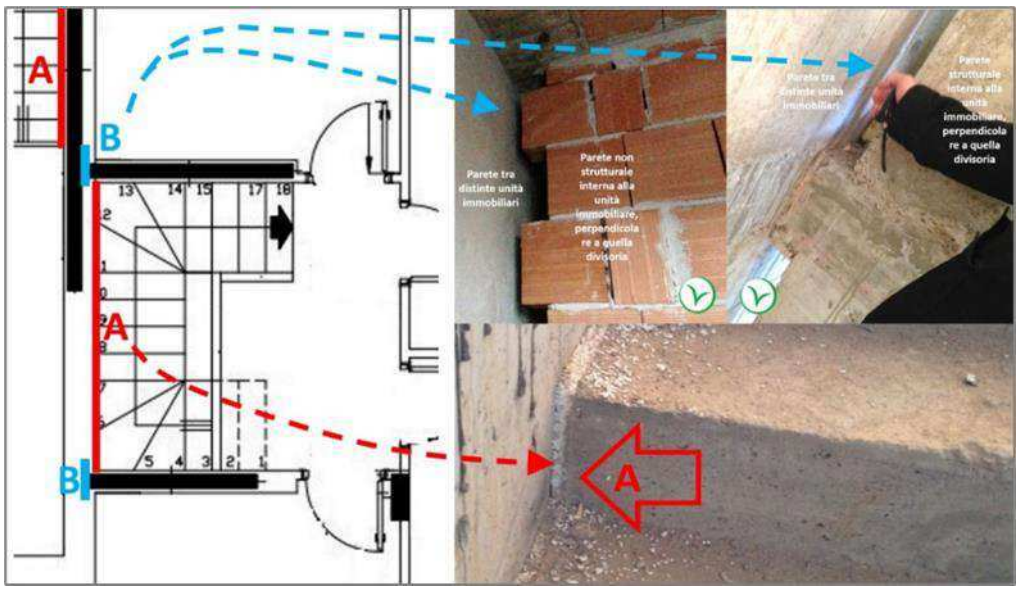
**Indicazioni per il trattamento delle scale**

Per quanto riguarda il vano scala la rumorosità da calpestio può risultare fastidiosa, pertanto si descrivono di seguito le possibili strategie progettuali.

Per evitare criticità acustiche legate alle scale sarebbe opportuno progettare i vani scale mantenendo le rampe ed i gradini completamente disconnessi dalle pareti/partizioni di ambienti abitativi, ad esempio realizzando rampe e gradini a sbalzo portati dal setto centrale delle scale o in alternativa con "travi a ginocchio".

*Esempio di errata e corretta realizzazione di una rampa di scala su partizione divisoria*

Le pareti perpendicolari alla partizione divisoria devono rimanere disconnesse, ad esempio arrestando prima la parete e inserendo tra essa e la partizione divisoria degli elementi elastomerici come materassini in polietilene espanso o semplicemente lasciando dell'aria, rivestendo poi la partizione divisoria con contropareti disconnesse dalla partizione divisoria. A seguire degli esempi di disconnessione dove tra la partizione divisoria e il getto della scala in calcestruzzo è stato inserito un materassino elastico (polistirene espanso a bassa massa volumica o polietilene espanso). Nei punti indicati con A è presente il taglio acustico della scala, mentre nei punti B è indicato il taglio acustico delle pareti perpendicolari alla partizione divisoria così da permettere che la scala non sia connessa rigidamente alla partizione.


A
B
A
B
Parete tra distinte unità immobiliari
Parete non strutturale interna alla unità immobiliare, perpendicola re a quella divisoria
Parete strutturale interna alla unità immobiliare, perpendicola re a quella divisoria
A

*Esempio di disconnessione della scala e di arresto delle contropareti*

Considerato che non sempre è possibile agire sulla struttura prevedendo la disconnessione fisica completa della rampa e dei pianerottoli rispetto alle pareti che la separano dai locali abitativi si prescrive almeno di agire sulla

stratigrafia **trattando il solaio dei pianerottoli come solaio galleggiante con uno strato desolidarizzante** (materassino anticalpestio) tra il solaio e il massetto di finitura. Anche i gradini dovranno avere un apposito strato desolarizzante.

*Disconnessione scala e sistema anticalpestio sui pianerottoli*

Scale leggere, ad esempio in legno o metallo, devono essere dotate nei punti di appoggio ai solai di elementi elastici in grado di limitare la trasmissione di vibrazioni e di conseguenza del rumore ed evitare qualsiasi connessione rigida con gli elementi circostanti.

### 6.4 Indicazioni per la corretta esecuzione delle facciate

L'isolamento acustico di facciata si riferisce alla capacità delle facciate di limitare l'ingresso all'interno dell'unità immobiliare di rumorosità proveniente dall'ambiente esterno e deve essere conseguito mediante idonea tipologia e spessore delle componenti opache di facciata e dei serramenti.

Gli elementi "acusticamente deboli" della facciata risultano essere finestre, portefinestre ed elementi di aerazione, i quali devono essere di tipologia e installazione adeguati al raggiungimento dei valori di norma, con particolare attenzione alle opere di installazione che devono evitare la formazione di buchi acustici con caduta dei valori di isolamento acustico.

**Componenti opache di facciata**

L'isolamento acustico deve essere conseguito mediante idonea tipologia e spessore delle pareti di facciata, per le quali valgono i concetti già richiamati ai paragrafi precedenti. Per quanto attiene ai tamponamenti di facciata del tipo "in muratura", essi devono essere realizzati con i giunti orizzontali e le tasche verticali completamente sigillati e tutti gli strati di intonaco realizzati devono risultare perfettamente continui.

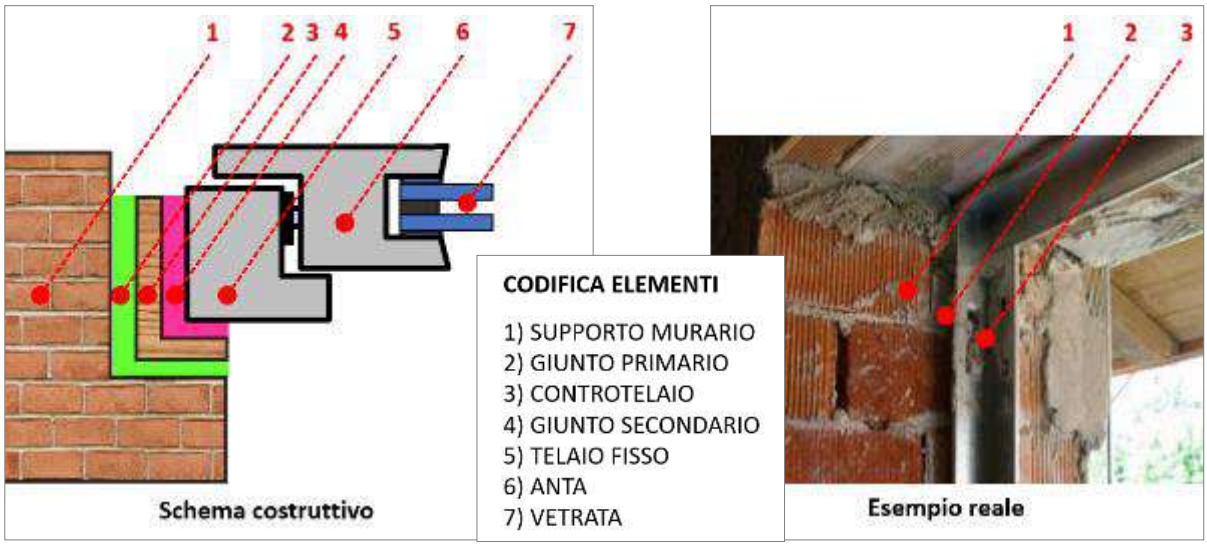
È inoltre fondamentale che le murature di facciata, in particolare in assenza di contropareti interne, siano realizzate su fasce antivibranti e che tutto il perimetro rimanga svincolato dalle strutture ed elementi circostanti mediante interposizione di elementi morbidi (esempio fasce in polietilene espanso a bassa massa volumica).

**Cavedi di posizionamento degli scarichi**

I cavedi di posizionamento degli scarichi in facciata devono essere limitati in numero e dimensione, posizionati possibilmente verso l'esterno avendo cura di lasciare uno spessore interno necessario a garantire un adeguato isolamento acustico. Qualora presenti, tali cavedi devono comunque essere ben sigillati e rivestiti in continuità da intonaco nonché, essendo di spessore limitato, realizzati con materiali che pur di minor spessore garantiscano la stessa prestazione di isolamento acustico della muratura principale.

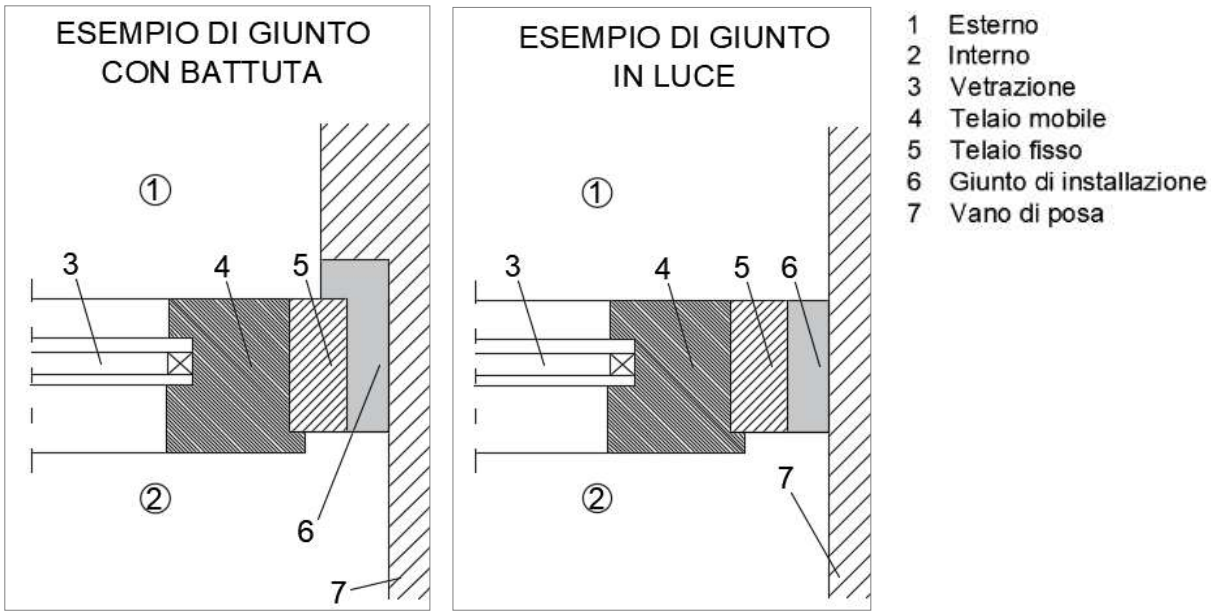
**Serramenti**

Di seguito si riporta, per chiarezza, uno schema indicativo della nomenclatura tecnica dei vari elementi che compongono il sistema di posa di un serramento.




*Schema indicativo della nomenclatura tecnica dei componenti del serramento*

In generale il giunto con battuta risulta essere acusticamente più efficace e pertanto preferibile rispetto al giunto in luce.




*Giunto in battuta vs giunto in luce*

**Scelta e posa dei serramenti**

I serramenti devono possedere un valore di potere fonoisolante $R_w$ come da risultati dei calcoli previsionali indicati a seguire. Tale valore deve essere comprensivo di eventuali cassonetti e/o accessori e rappresentativo della reale conformazione, modalità di installazione e geometria/dimensione previste in opera.

Il telaio del serramento deve avere guarnizioni di tenuta su tutti i lati di battuta ed essere installato in aderenza alla parte muraria evitando qualsiasi ponte acustico, con completa sigillatura dello spazio tra serramento e perimetro murario in conformità alle prove di laboratorio e comunque secondo norme tecniche UNI 11673-1:2017 e UNI 11296:2018, prevedendo in ogni caso la sigillatura completa con silicone lungo tutto il perimetro interno ed esterno.

Pari attenzione deve essere posta tra telaio fisso e contro-telaio, il quale deve essere posato in continuità con elementi ad elevato isolamento acustico. Tutte le congiunzioni e le fessure devono essere sigillate sia sul lato interno sia sul lato esterno mediante silicone o altro sigillante elastico similare.

La classe di permeabilità all'aria delle finestre deve essere possibilmente la massima (pari a 4) e dovranno essere previsti infissi con doppia battuta. Porte e portefinestre affaccianti su esterno andranno installate con battuta a pavimento o con altre modalità come da certificati di laboratorio atte a garantire l'isolamento acustico richiesto.

**Tipologia dei vetri**

Vetri semplici non sono idonei a garantire le prestazioni acustiche minime richieste dalla normativa. **Al fine di raggiungere il risultato da perseguire occorre prevedere l'impiego di serramenti con vetri interno ed esterno di differente spessore** (almeno per il 20-30%) **ed entrambi stratificati con lamina di plastica interposta del tipo "acustico"** (ovvero ad elevato smorzamento), **comunque con elevato potere fonoisolante certificato in laboratorio accreditato e garantiti dal fornitore nelle stesse condizioni in cui verranno installati in opera**.

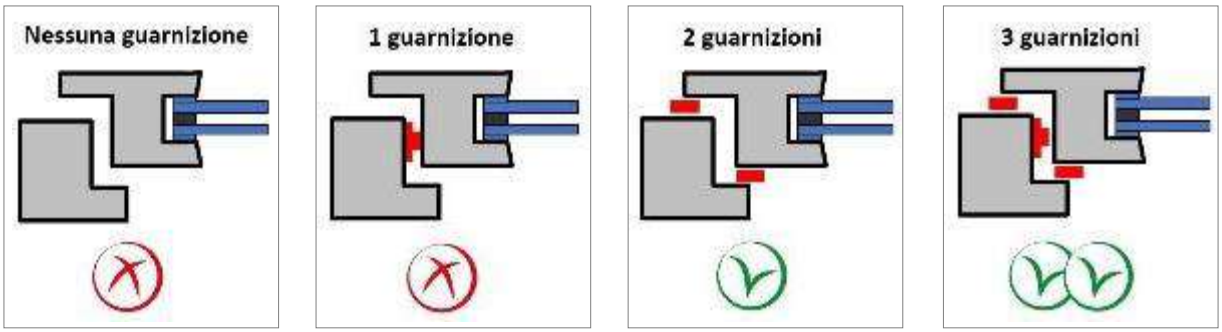
L'operazione di stratificazione dei vetri, ossia l'interposizione tra i vetri di una o più lamine di materiali plastici quali PVB, migliora le caratteristiche fonoisolanti del vetro in quanto fa abbassare la frequenza di risonanza, posizionandola al di sotto del range di frequenza critica nel quale arrecherebbe maggior fastidio (100-3150 Hz). La differenziazione dello spessore dei vetri che compongono la vetrata consente di compensare le risonanze delle singole lastre.

**Cerniere**

È opportuno che le cerniere e i punti di chiusura siano disposti in modo uniforme e adeguato a permettere la corretta chiusura del telaio mobile da cui consegue la corretta tenuta delle guarnizioni. Qualora le cerniere o i punti siano presenti in numero limitato potrebbe accadere che il telaio mobile si "storca" e in alcuni casi si "imbarchi" oppure che la pressione nei punti intermedi ai punti di chiusura non sia adeguata a far lavorare correttamente le guarnizioni. Per serramenti di altezza superiore a 1,80 m è necessario che siano presenti almeno tre cerniere o punti di chiusura.

**Guarnizioni**

Il serramento deve avere almeno due o più (l'ottimale consiste in tre) guarnizioni di tenuta su tutti i lati di battuta, come da immagine di seguito riportata. Tali guarnizioni non devono avere alcun tipo di interruzione lungo tutto il perimetro.

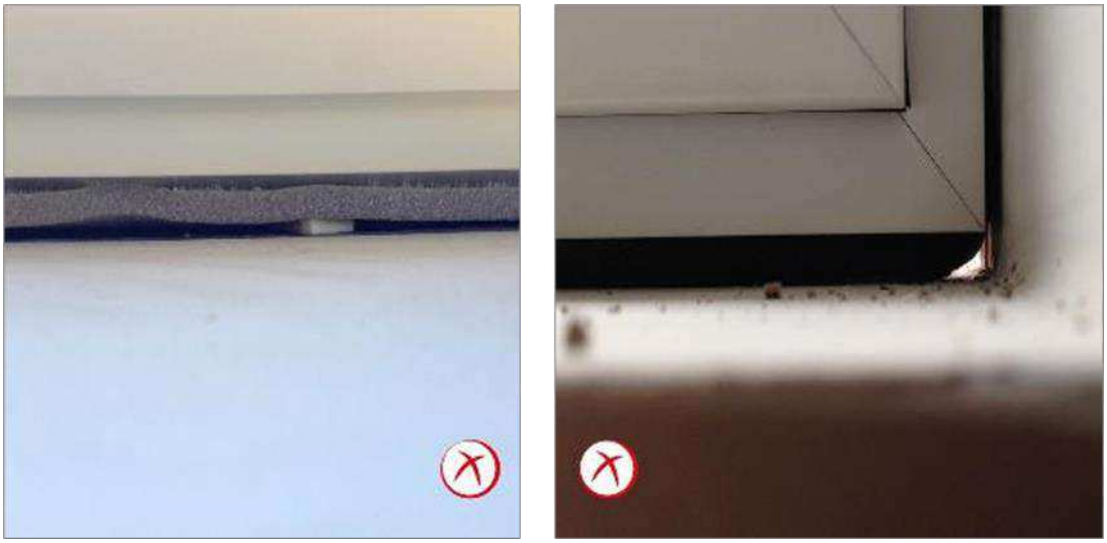



*Esempi di serramenti con diverse configurazioni di guarnizioni*

**Nastri autoespandenti**

I nastri autoespandenti ad espansione "controllata" sono un'alternativa alla sigillatura con schiuma ed hanno il vantaggio di non sporcare e garantire una posa pulita e precisa. Oltre alle caratteristiche termo-igrometriche, i nastri vanno scelti in base alla dimensione della fessura da sigillare. La capacità di "espansione" del nastro è indicata dal produttore e normalmente vengono riportati i valori minimi e massimi (in millimetri) della fessura che è in grado di sigillare.

Nella figura successiva si riportano due esempi di scelta e posa errata dei nastri autoespandenti pertanto l'effetto di sigillatura è sostanzialmente nullo.



*Esempi di errata posa di nastri autoespandenti*

A seguire si riporta invece un corretto esempio di posa e di espansione.

*Esempi di corretta posa di nastri autoespandenti*

**Materiali per sigillature**

Per quanto riguarda i materiali utilizzati per la sigillatura si riporta il Prospetto 1 della norma tecnica UNI 11296:2018 nel quale sono indicate le prestazioni acustiche di riferimento dei sigillanti in funzione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w$, del serramento:

| **$R_W$ del serramento [dB]** | **$R_{SW}$ del sigillante misurato secondo la norma tecnica UNI EN ISO 10140-1:2014, appendice J [dB]** |
|---|---|
| 33 | ≥ 45 |
| 36 | ≥ 50 |
| 39 | ≥ 55 |
| ≥ 40 | ≥ 58 |

*Prospetto 1 norma tecnica UNI 11296:2018*

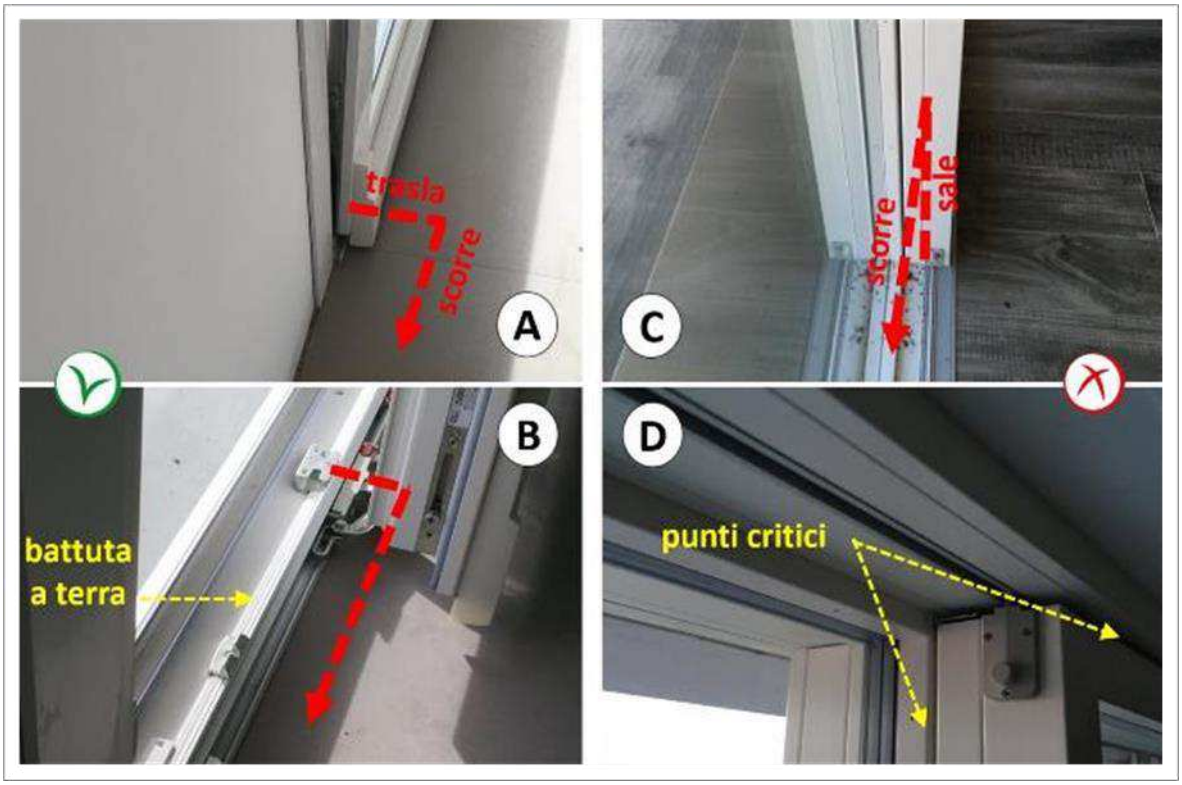
Per la realizzazione delle sigillature dei serramenti in oggetto devono essere impiegati sigillanti appartenenti alla categoria superiore (≥ 58 dB).

**Serramenti scorrevoli**

In base alle informazioni fornite dal progettista non sono presenti serramenti scorrevoli ma si riportano di seguito alcune indicazioni qualora in una fase successiva dovesse essere necessario inserirli a progetto.

I serramenti scorrevoli devono essere del tipo traslante (e non alzante) con battuta su tutti e quattro i lati. Con la dicitura "scorrevole alzante" si intende la tipologia di serramento la cui apertura avviene facendo "alzare" il serramento medesimo e facendolo scorrere sul binario.

I serramenti traslanti scorrevoli per essere aperti devono invece essere fatti traslare perpendicolarmente all'anta, con un sistema "basculante", e successivamente possono essere fatti scorrere parallelamente alla facciata. Di seguito si riportano delle immagini esplicative di quanto poc'anzi descritto.

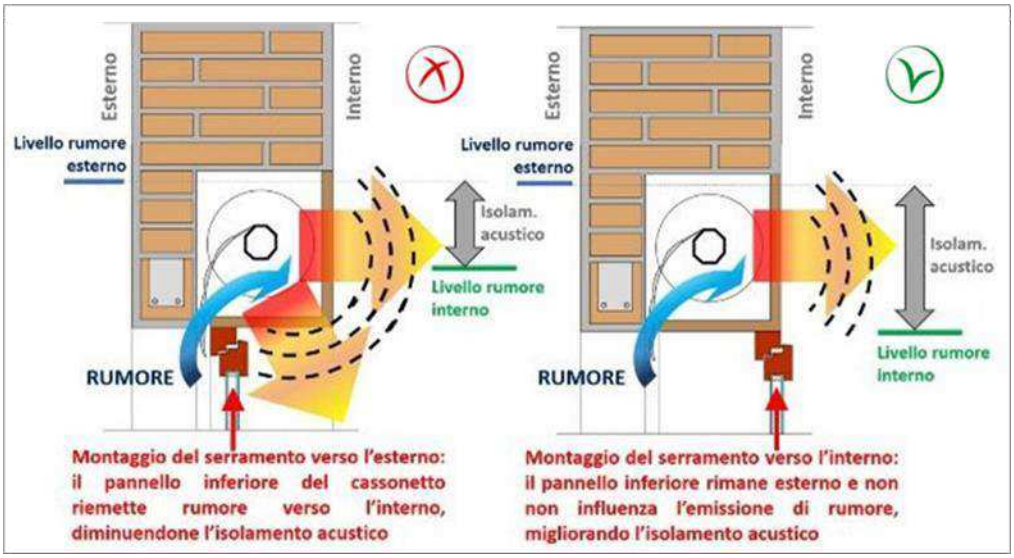



*Scorrevole traslante vs scorrevole alzante*

**Cassonetti**

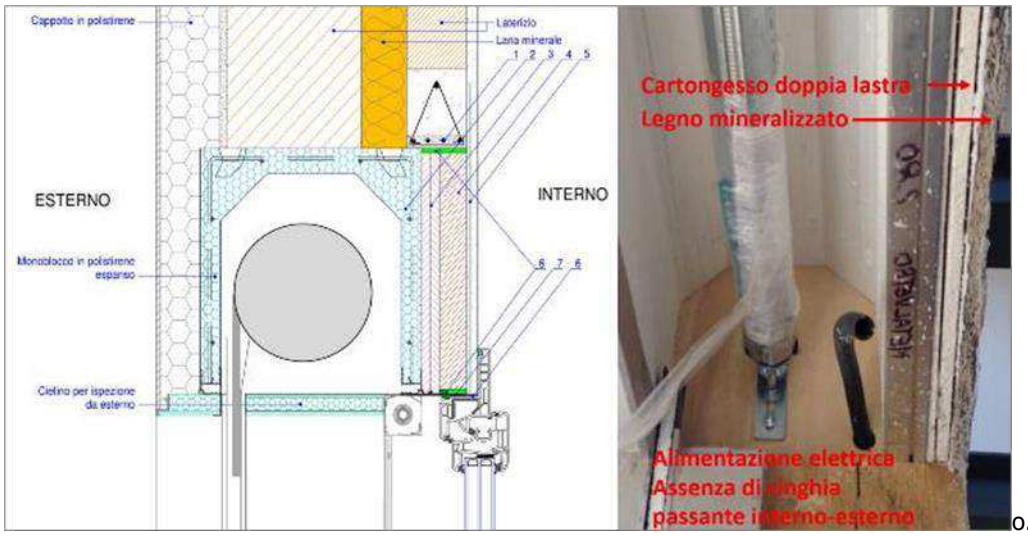
In base alle informazioni fornite dal progettista non sono presenti serramenti provvisti di cassonetti ma si forniscono le opportune prescrizioni in materia di acustica qualora in una fase successiva dovesse essere necessario inserirlo a progetto.

I cassonetti devono avere l'ispezionabilità dall'esterno, mantenendo completamente chiuso e senza elementi rimovibili la superficie di involucro del cassonetto rivolta verso l'interno, come da schema seguente.


Esterno
Interno
Livello rumore esterno
Isolam. acustico
Livello rumore interno
RUMORE
Montaggio del serramento verso l'esterno: il pannello inferiore del cassonetto riemette rumore verso l'interno, diminuendone l'isolamento acustico
Esterno
Interno
Livello rumore esterno
Isolam. acustico
Livello rumore interno
RUMORE
Montaggio del serramento verso l'interno: il pannello inferiore rimane esterno e non non influenza l'emissione di rumore, migliorando l'isolamento acustico

*Schemi grafici di posizionamento del serramento rispetto al cassonetto*

Cassonetti preformati realizzati in materiale espanso organico o similare (ad esempio cassonetti in polistirene), oltre a rispettare in ogni caso il potere fonoisolante $R_w$ minimo richiesto, devono sempre essere rivestiti sul lato interno con strati pesanti, come ad esempio tavole in legno mineralizzato ben sigillate con silicone su tutto il perimetro e successivamente intonacate in continuità con l'intonaco circostante o rivestite con lastre in caso di finitura in cartongesso. Di seguito uno schema di esempi

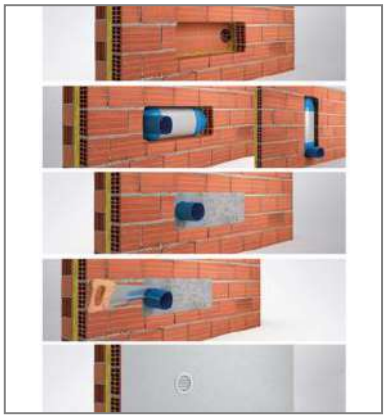



o.

*Esempio di rivestimento ai fini dell'isolamento acustico*

Anche il foro guidacinghia, presente in caso di avvolgibili azionate manualmente, può costituire una via preferenziale del passaggio di rumore. In presenza di tale elemento, per limitare la rumorosità passante, è suggerito utilizzare fori guidacinghia di limitate dimensioni e rivestire internamente il cassonetto con materiale fonoassorbente di spessore non inferiore a 20 mm. In alternativa si suggerisce di utilizzare avvolgibili azionate da motore elettrico, così da eliminare completamente tale criticità.

**Presenza di prese d'aria in facciata**



*Griglia areazione silenziata*

Elementi quali prese d'aria e similari, al momento non previste a progetto, non devono essere installate nelle facciate di locali adibiti ad ambienti abitativi. Se strettamente necessario, dovranno essere utilizzati sistemi silenziati come quello riportato nell'immagine di esempio.

**Qualora vengano previste prese d'aria in fase di eventuali modifiche al progetto, tale variante dovrà essere valutata in termini di verifica del rispetto dei limiti normativi del $D_{2m,nT,w}$ con l'eventuale modifica dei requisiti prescritti nella presente relazione.**

**Lucernari in copertura**

Secondo le informazioni fornite dal progetto architettonico in questa fase non sono previsti in copertura. Se in una fase successiva dovessero verranno introdotti tali elementi sarà necessario adottare le opportune prescrizioni in materia di acustica.

### 6.5 Impianti a funzionamento discontinuo e continuo

Gli impianti a funzionamento discontinuo sono costituiti da scarichi idraulici, servizi igienici e rubinetteria, mentre quelli a funzionamento continuo dagli impianti di riscaldamento, di aerazione e condizionamento. Per tali impianti non sono da verificare i requisiti indicati D.P.C.M. 5/12/1997 "*Verifica dei requisiti acustici passivi dell'edificio*" in quanto sono obbligatori solo in caso di partizioni tra differenti unità immobiliari.

In ogni caso di seguito si riportano le **indicazioni di corretta realizzazione ed installazione relativamente agli impianti**, suddivise per tematiche. Tali indicazioni devono essere necessariamente rispettate al fine di garantire il comfort acustico. Qualora non fossero rispettati i limiti di rumorosità, si ritiene necessario intervenire in parte con le indicazioni già fornite in precedenza o con ulteriori modalità come la realizzazione di contropareti o controsoffitti, da definirsi opportunamente. Si riportano di seguito alcune precauzioni di buona installazione e messa in opera degli impianti.

Di primaria importanza è la scelta di macchinari e impianti che dovrà ricadere su elementi con intrinseca bassa produzione di rumorosità. Il mantenimento delle condizioni di funzionamento andrà mantenuto nel tempo mediante adeguata manutenzione (controllo componenti, lubrificazione ecc.).

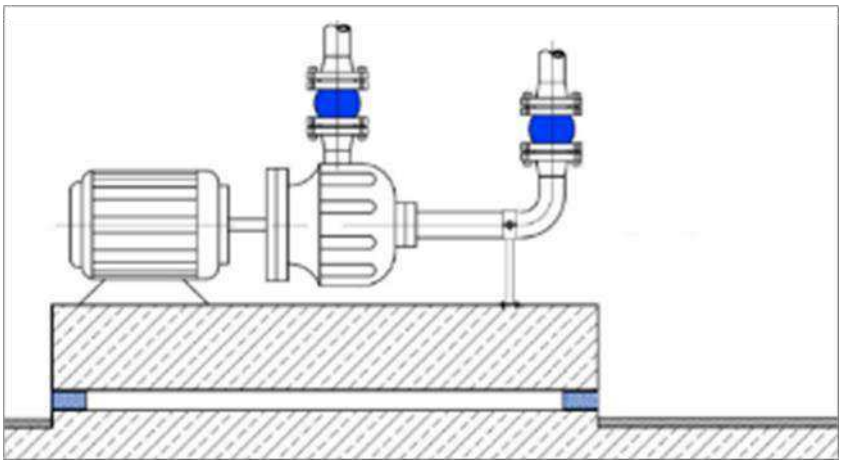
**Posizionamento**

È opportuno posizionare i macchinari in locali appositi o cavedi ben isolati acusticamente e separati dagli ambienti di vita e di studio. In particolare le apparecchiature, tipicamente elettromeccaniche, cui si associa generazione di vibrazioni si annoverano tutti i componenti di impianto che hanno organi in movimento, come pompe, compressori, ventole ecc. non devono essere installati all'interno di ambienti abitativi ma in locali tecnici distanti da ambienti abitativi.

Le tubazioni di scarico e le condotte di impianti idrici/idraulici devono transitare all'interno di appositi cavedi realizzati in locali tecnici, lontani da ambienti abitativi e in particolare da locali dedicati al riposo.

**Riduzione delle vibrazioni**

I componenti impiantistici che, durante il loro funzionamento, generano vibrazioni trasmissibili alle strutture dell'edificio devono essere posati su supporti resilienti (supporti in gomma o antivibranti, generalmente già forniti con i componenti), adeguatamente dimensionati e verificati per evitare trasmissioni vibratorie alle strutture di supporto ed evitare frequenze vibratorie con frequenze analoghe a quelle di risonanza delle strutture cui sono accoppiate o alle strutture portanti, e/o posati su sistemi antivibranti, puntuali oppure del tipo "a massetto inerziale", come indicato di seguito.



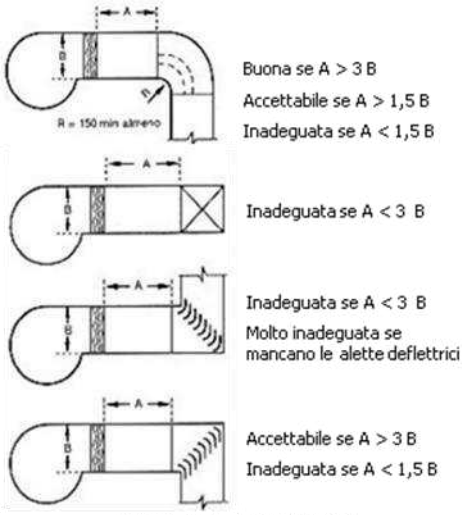
*Esempio di macchinario generatore di vibrazioni posizionato su massetto inerziale*

La scelta del tipo di supporto va effettuata in base alle caratteristiche proprie dei singoli macchinari (peso, velocità di rotazione dei motori, ecc.) affinché gli stessi evitino trasmissioni vibratorie alle frequenze a cui i macchinari presentano vibrazioni. Quanto anzidetto vale anche per componenti non appoggiati su solai ma appesi alle pareti o a soffitti. Devono essere sempre evitati fissaggi diretti dei componenti agli elementi edilizi.

**Impianti meccanici: aria primaria e climatizzazione**

Di seguito si forniscono le indicazioni per il trattamento dell'impianto al fine di contenere la rumorosità e rispettare i livelli di pressione sonora in ambiente:

- le UTA dovranno essere disaccoppiate dai canali d'aria. Una categoria di problemi associati al passaggio di aria nei condotti aeraulici è il rombo interno ai canali generato dalla turbolenza del flusso d'aria. In generale è importante che il flusso d'aria nei condotti non sia turbolento mantenendo velocità contenute. Attenersi quindi ad alcuni criteri, quali utilizzare un giunto antivibrante tra il ventilatore e il canale e predisporre dopo il giunto un tratto rettilineo di canale di lunghezza opportuna (vedere immagini successive);



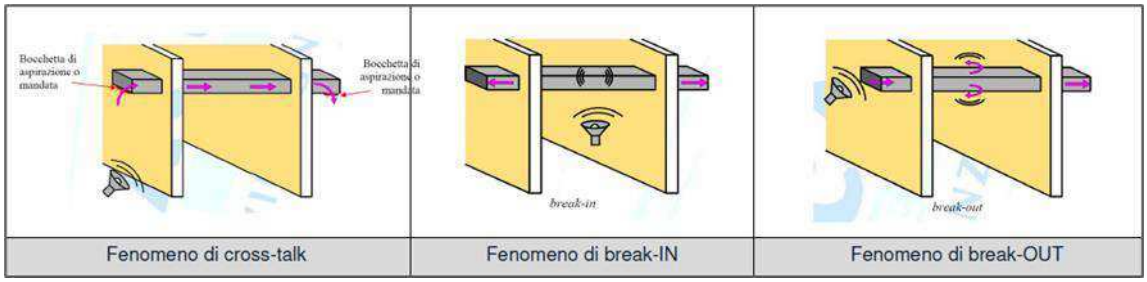

*Tratto rettilineo - lunghezze idonee*

*Esempio di giunto antivibrante utilizzato per isolare le vibrazioni generate da unità di trattamento aria collegate a condotti d'aria*

- le tubazioni in entrata e uscita dalla macchina/fan-coil dovranno essere connesse mediante giunti flessibili;
- dovranno essere utilizzati appositi antivibranti al fine di evitare la trasmissione delle vibrazioni prodotte dal funzionamento delle macchine;
- dovranno essere utilizzati canali flessibili fonoassorbenti (forati internamente) per i tratti di connessione dal fan-coil verso le griglie/bocchette di ripresa di mandata;
- inserire silenziatori in mandata e ripresa verso gli ambienti interni per tutte le UTA in copertura (i silenziatori dovranno essere opportunamente dimensionati in fase di progetto esecutivo).

Per quanto riguarda i percorsi e la tipologia i canali di mandata e ripresa si prescrive di:

- non utilizzare canali in PAL ma canali metallici o Isover Climaver;
- realizzare la distribuzione dei canali principali negli ambienti corridoio e prevedere stacchi verso gli ambienti chiusi;
- in presenza di impianti aeraulici (es. canali d'aria) che attraversano strutture divisorie o di separazione tra locali tecnici e locali fruibili da persone si raccomanda l'installazione direttamente nel divisorio di silenziatori acustici rigidi. Tali canali non devono mai attraversare in modo diretto le partizioni divisorie tra distinte ambienti sensibili ma devono transitare dai locali esterni, come ad esempio corridoio, cavedi, ecc., agli ambienti abitativi;
- **le pareti di separazione tra ambienti sensibili in cui è richiesto un elevato grado di isolamento non dovranno essere attraversate da nessun tipo di canalizzazione** al fine di evitare la trasmissione del rumore da un'ambiente e l'altro (fenomeno di coss-talk, break-in e break-out);




*Fenomeno di cross-talk: un rumore generato in un ambiente si trasmette nella canalizzazione attraverso le bocchette di mandata e/o ripresa, la percorre ed esce in un altro ambiente (non necessariamente adiacente); fenomeno di break-in: un rumore generato in un ambiente entra nella canalizzazione che attraversa l'ambiente stesso, la percorre e si immette in un altro ambiente; fenomeno di break-out: è dovuto al rumore presente all'interno delle canalizzazioni che si propaga per irraggiamento in altri ambienti.*

- nel caso le canalizzazioni principali dovessero attraversare la parete tra ambiente sensibile e corridoio si dovranno prevedere canali metallici isolati. Da evitare il PAL e si dovrà procedere ad una idonea sigillatura dei passaggi;
- sempre in corrispondenza degli attraversamenti di setti o delle pareti occorrerà eseguire forometrie di adeguata dimensione rispetto al canale e sigillare tutto il perimetro del canale a contatto con la lastra esterna, da entrambi i lati;
- impiegare curve ad alto raggio di curvatura, possibilmente evitando curve a gomito ma realizzando curve a 45 gradi intervallate da un tratto lineare di canale;
- è opportuno posizionare i macchinari in locali appositi o cavedi ben isolati acusticamente e separati dagli ambienti ufficio e di studio;
- i macchinari generatori di vibrazioni dovranno essere posati su supporti resilienti (supporti in gomma o antivibranti, generalmente già forniti con i componenti), adeguatamente dimensionati e verificati per evitare trasmissioni vibratorie alle strutture di supporto ed evitare frequenze vibratorie con frequenze analoghe a quelle di risonanza delle strutture cui sono accoppiate o alle strutture portanti, e/o posati su massetto inerziale, quale, ad esempio, un blocco di calcestruzzo posato su strato smorzante in materassino elastomerico o ammortizzatori specifici;
- potrà essere eventualmente realizzata l'inscatolatura fonoisolante per impianti o apparecchi particolarmente rumorosi, eventualmente anche in un secondo momento a seguito di verifiche in opera;
- in generale si raccomanda di impiegare canalizzazioni con isolamento in materiale fibroso, normalmente con prestazioni di isolamento acustico maggiori rispetto a canali in isolanti espansi (poliuretani o polistireni);
- gli sbocchi in copertura delle tubazioni di areazione dei bagni sottostanti e adiacenti devono essere orientati in direzioni alternate ed è necessario prevedere un torrino con tettuccio con lamina antirombo.

**Tubazioni di scarico**

Il rumore emesso dalle tubazioni è prodotto dalle turbolenze del fluido che in esse scorre e provoca sia vibrazioni trasmesse direttamente alle strutture sia rumori di tipo aereo. È pertanto necessario evitare sia la trasmissione "aerea" del rumore sia il passaggio delle vibrazioni alla struttura, limitando ove possibile la produzione stessa di rumore. Si riportano una serie di suggerimenti e raccomandazioni per la corretta installazione di tubazioni e scarichi:

- dimensionare gli impianti di scarico in funzione delle effettive unità di carico in modo da mantenere la velocità del fluido sotto valori tali da non generare vibrazioni eccessive.
- le curve di cambio direzione dovrebbero essere realizzate con angoli maggiori di 90° per limitare gorgoglii dovuti a turbolenze, evitando anche raccordi delle tubazioni con brusche restrizioni e cambi di diametro molto marcati. Ad esempio anziché una curva da 90° possono essere impiegate due curve da 45° intervallate da un tratto lineare di tubo di circa 20-30 cm.

**Scelta della tipologia di tubazione**

Tubazioni con massa volumica più elevata (ottenute aggiungendo cariche minerali all'impasto) e pluristrato non sono elementi irrinunciabili nell'ottica di ottenere il rispetto dei valori limite da normativa e non consentono di evitare l'utilizzo di altri elementi (esempio fasciature, elementi antivibranti, cassonettature, ecc.) che invece contribuiscono in maniera determinante alla limitazione della rumorosità.

Tali tubazioni sono molto utili dove si hanno passaggi prossimi a locali abitativi, poiché riducono sia la rumorosità aerea che strutturale rispetto a tubazioni standard, ma possono risultare superflui in presenza di un progetto acustico ben fatto che abbia analizzato in dettaglio i punti di passaggio degli impianti, i cavedi e la modalità di posa.

**Rivestimenti fonoisolanti di tubazioni**

Laddove necessario, ad esempio in casi critici per cui non è possibile chiudere i cavedi con elevato spessore e isolamento acustico e/o di tubazioni transitanti in elementi contigui ad ambienti abitativi, l'isolamento acustico delle tubazioni può essere aumentato mediante rivestimento con appositi materassini.

Sul mercato ne sono presenti diverse tipologie. A differenza dei soli rivestimenti monostrato in materiale elastomerico (che hanno lo scopo primario di disconnettere le tubazioni) per avere un effetto utile, i materassini da utilizzare devono essere costituiti da almeno due strati preaccoppiati, ma potrebbero essere realizzati con più strati singoli direttamente accoppiati in cantiere. È fondamentale che il rivestimento della tubazione sia completo.

Nella figura successiva si riportano alcuni esempi di fasciature. L'immagine "A" presenta un materassino bistrato, con una parte "morbida" a celle aperte e una gomma esterna, le immagini "B", "C" e "D" dei materassini tristrato, sempre con un primo strato morbido a celle aperte, uno strato intermedio ad alta massa volumica (B in gomma e C-D in piombo), e il terzo strato in polietilene espanso a celle chiuse.

In tutti i casi vi è un elemento morbido (molla) posto verso l'elemento rumoroso (tubazione). Questo primo strato è generalmente anche fonoassorbente, tipicamente a celle aperte. Accoppiato ad esso è presente la massa fonoisolante, tipicamente costituita da gomme ad alta massa volumica, lamine di piombo o similari. Alcuni, oltre alla massa, hanno un ulteriore strato morbido, generalmente a celle chiuse e di conseguenza non fonoassorbente ma con la sola funzione di disconnessione dagli elementi edilizi.

Qualora il rivestimento non tocchi elementi edilizi il terzo strato non risulta indispensabile. In genere tali materassini hanno una funzione molto efficace in presenza di tubazioni scarse, via via decrescente all'aumento della prestazione acustica della tubazione rivestita.

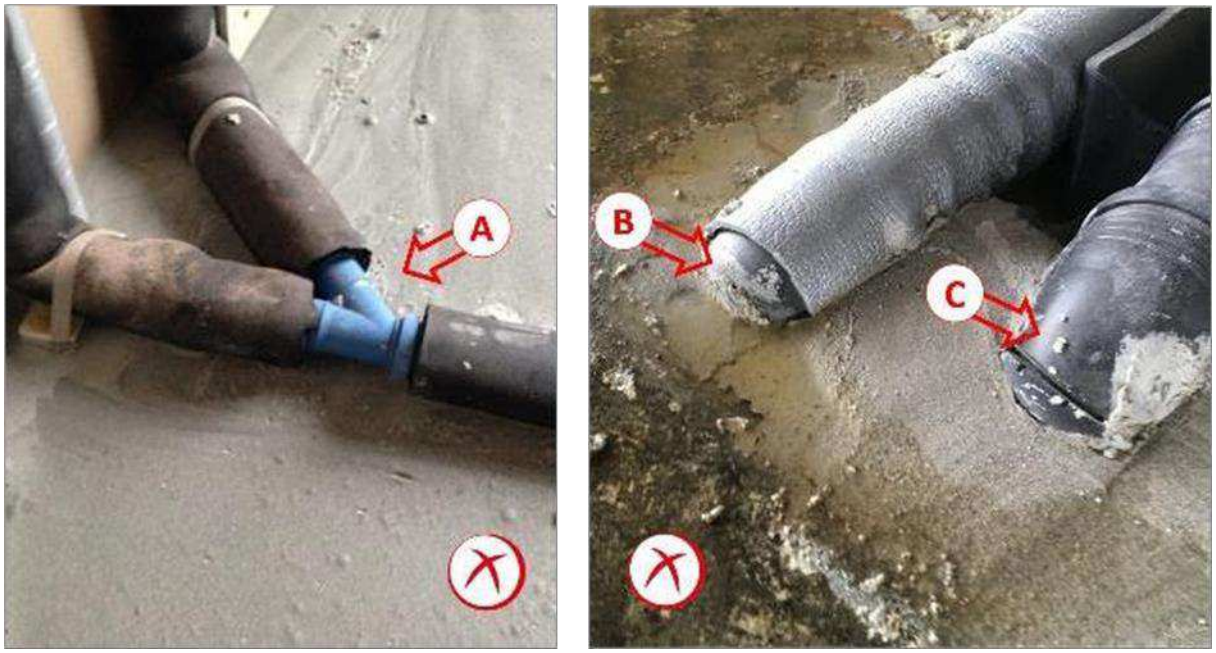
*Esempio di materiale di rivestimento per tubazioni di scarico*

**Disconnessione vibratoria delle tubazioni**

Le tubazioni transitanti nelle strutture devono rimanere completamente disconnesse dalle stesse mediante rivestimento continuo in materiale elastico (esempio materassini in materiali espansi morbidi o materiale fibroso di spessore adeguato - almeno 1÷2 cm in funzione della tipologia del materassino adottato).

Le tubazioni devono essere disconnesse dalle strutture edilizie, come murature, solai, ecc., mediante guaine e rivestimenti elastici, quali polietileni espansi o similari. Una connessione diretta, anche di limitata lunghezza, crea ponti acustici che trasmettono la vibrazione del fluido transitante nelle tubazioni alle strutture edilizie e da queste con facilità agli ambienti contigui.

Si riportano a seguire alcuni esempi di errato rivestimento di tubazioni. Con le frecce "A" e "B" si nota una mancanza di rivestimento puntuale, con conseguente contatto rigido della tubazione con i massetti copri impianti o i solai. La freccia "C" evidenzia invece una tubazione completamente senza rivestimento.




*Esempio di errata disconnessione vibratoria delle tubazioni*

**Collari antivibranti per tubazioni**

Le tubazioni devono essere fissate alla struttura tramite giunti elastici, ad esempio collari antivibranti preassemblati oppure collari metallici "di usuale impiego" con interposizione di una bandella di materiale elastomerico di sufficiente spessore (ad esempio residui recuperati di materassino morbido per anticalpestio in doppio o triplo spessore o avanzi di materiale isolante fibroso o morbido - spessore di almeno 1÷2 cm) tra la tubazione ed il collare.

Di seguito si riportano alcune immagini descrittive dei collari antivibranti di cui sopra.

*Esempi di collari antivibranti*

Per evitare di comprimere eccessivamente il materiale elastomerico i collari devono essere previsti di due grandezze superiori al diametro delle tubazioni da fissare.

**Curve di cambio direzione**

Le curve di cambio direzione devono essere realizzate con angoli maggiori di 90° per limitare gorgoglii dovuti a turbolenze, evitando anche raccordi delle tubazioni con brusche restrizioni e cambi di diametro molto marcati, utilizzando curve specifiche per limitare la rumorosità ad ampio raggio disponibili in commercio.

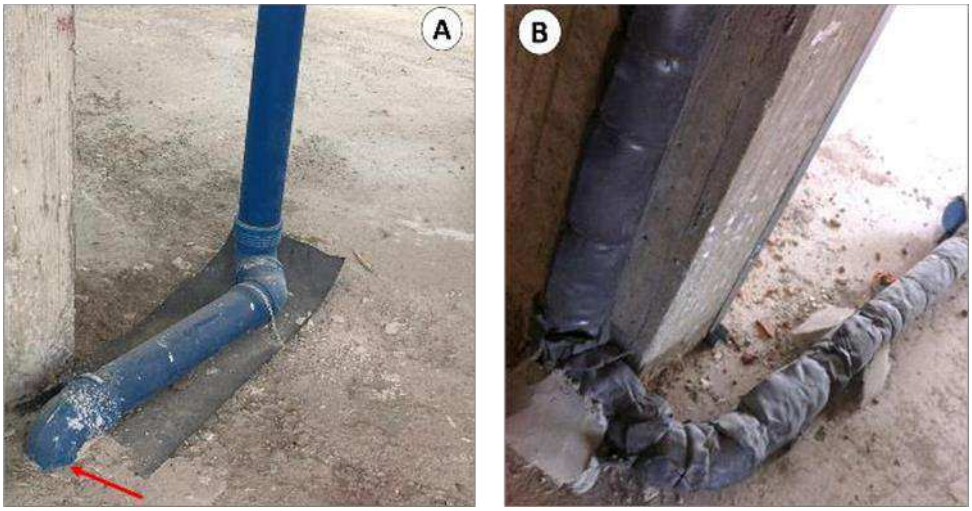
Positivo
2 ø
Uno spostamento con 2 curve a 45° , con interposto un tratto intermedio di lunghezza L = 2 ø, diminuisce la zona di pressione.
Negativo
Nello spostamento con curva a 90° la pressione prodotta dall'urto sono al massimo dell'intensità.

*Esempi di tubazioni con cambi di direzione realizzati rispettivamente in maniera corretta ed errata*

**Conformazione della rete di scarico**

È acusticamente preferibile che la rete di scarico verticale venga realizzata con tubazioni diritte, senza curve o piegamenti, almeno in prossimità dei locali abitativi. Oltre agli aspetti delle curve, è fondamentale che la rete sia correttamente dimensionata ai fini idraulici ed in particolare di ventilazione delle colonne di scarico, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12056 parti 1 e 2. La distanza tra la colonna e lo scarico del WC deve essere la minore possibile e in generale inferiore a 1 m.

A seguire si riportano due errate realizzazioni di curve e nell'immagine A si può notare un tratto della tubazione ammorsato nel calcestruzzo.




*Errata realizzazione della rete di scarico*

**Attraversamento verticale dei solai**

Nei punti di passaggio tra piani, in corrispondenza dei solai, il vuoto tra le tubazioni va chiuso, come riportato nella figura sulla destra a seguire.

*Esempio di corretto trattamento dei fori di passaggio impianti tra piani*

**Velocità di transito dei liquidi nelle tubazioni**

In fase di progettazione nella rete di distribuzione dell'acqua è opportuno prevedere una velocità del fluido non superiore a 2,5 m/s, adottando di conseguenza idonee sezioni per le tubazioni. In generale, è preferibile aumentare la sezione del collettore per ridurre la velocità di deflusso delle acque.

**Ambienti WC**

Le rubinetterie adottate devono essere classificate nel gruppo acustico 1 ($L_{ap}$ < 20 dB) secondo la norma UNI EN ISO 3822. I rubinetti devono essere dotati di elementi "rompi-getto".

La scelta delle apparecchiature di carico e scarico acqua (esempio cassetta WC) deve essere indirizzata verso tipologie a bassa rumorosità disponibili sul mercato. **La cassetta deve essere installata in strutture che devono essere mantenute disconnesse con antivibranti e fasce elastomeriche** dalle strutture circostanti.

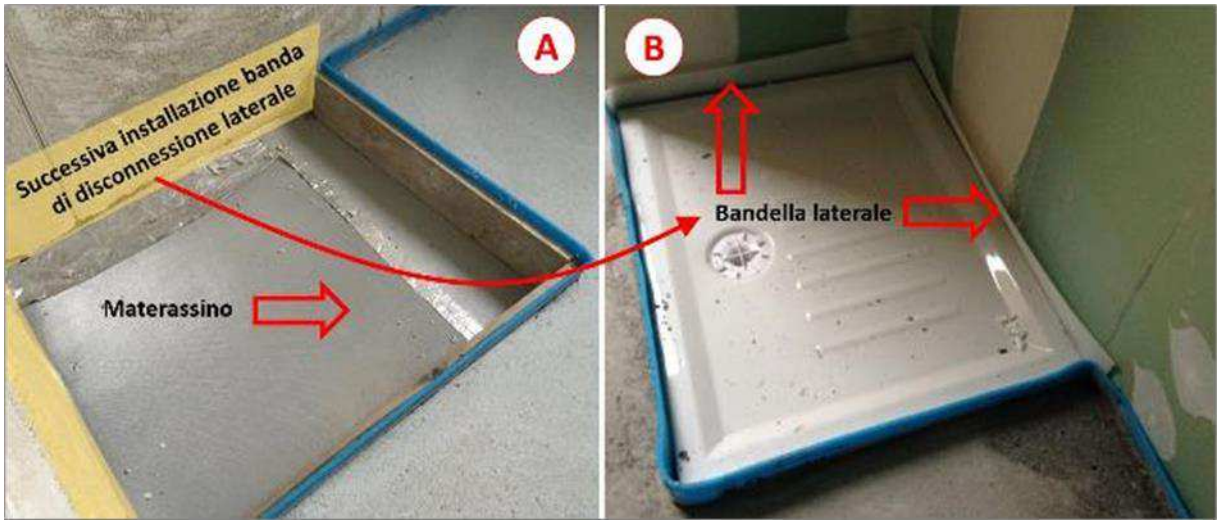
Per gli impianti idrosanitari si consiglia l'utilizzo di tubazioni in polipropilene o comunque di scegliere tubazioni dotate di certificazione acustica con giunzioni ad innesto e collari muniti di materiali resiliente.

Per evitare l'effetto di trasmissione vibratoria delle tubazioni idriche dovuto al fenomeno del colpo d'ariete, la parte terminale delle tubazioni idriche dovrà essere prolungata di circa 30-40 cm sopra il terminale di erogazione, curandone il riempimento con aria e/o impiegando rubinetteria ed accessori idrici in grado di evitare la produzione di turbolenze o colpi, rilasciando gradualmente i liquidi.

Diversi produttori forniscono materassini pre-sagomati per desolidarizzazione dei sanitari rispetto alle strutture murarie, generalmente in polietilene espanso, da interporre tra i sanitari sospesi e le superfici di contatto. Una volta posati vengono ritagliati e viene sigillato il perimetro per nasconderne la presenza. Tali elementi permettono

di ridurre ulteriormente, nei limiti del fissaggio meccanico comunque necessario, la vibrazione trasmessa alla parete su cui sono fissati. Tra la funzione vi è quella di ridurre la trasmissione dovuta ad eventuali colpi del coperchio, cosi come il rumore da minzione. In alternativa si consiglia l'inserimento di supporti in neoprene di 5 mm da posizionarsi sotto WC, bidet, vasche e piatti doccia.

Anche piatti doccia, vasche da bagno e in particolare vasche idromassaggio devono essere posati con cura evitando la trasmissione vibratoria agli elementi edilizi, collegando poi con sigillanti elastici antimuffa il perimetro con i rivestimenti di finitura (piastrelle, ecc.). Nel caso di vasche idromassaggio è suggerita una valutazione di maggior dettaglio anche del sistema antivibrante. Si riporta a seguire un esempio di posa di piatto doccia realizzato creando una vasca a sé stante posata anch'essa su sistema "anticalpestio", compreso rivestimento del perimetro con bandella elastomerica.




*Esempio di corretta posa di un piatto doccia*

Nella figura successiva si riporta un ulteriore esempio di posa da manuale in cui è visibile anche il rivestimento del condotto di scarico con fascia elastomerica in polietilene espanso prima della posa del massetto di supporto del piatto doccia.

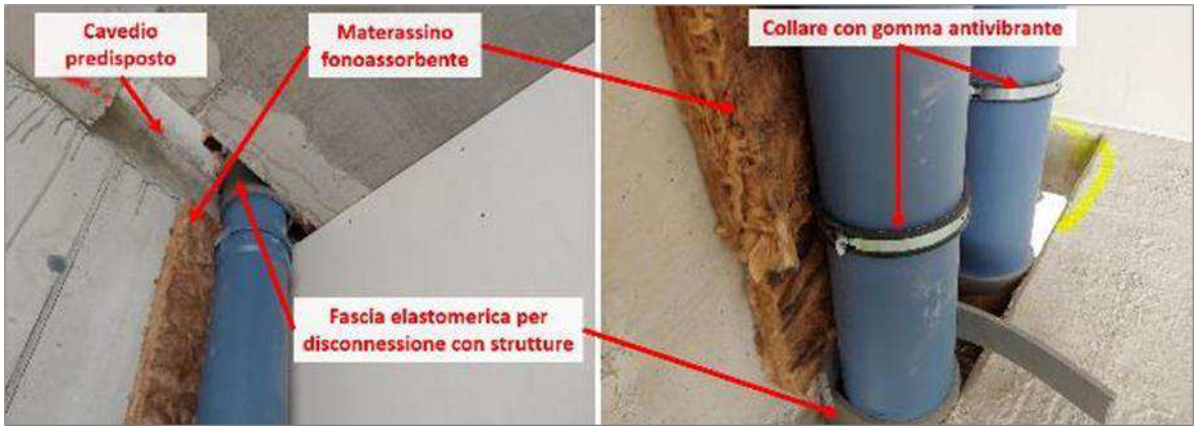
Predisposizione doccia con cassero che verrà rimosso dopo il getto del massetto
Bandella perimetrale elastomerica
Materassino anticalpestio
Fasciatura elastomerica con attenzione al collegamento con materassino

*Altro esempio di preparazione per la posa di piatto doccia*

**Cavedi per passaggio impianti**

Per gli scarichi idrici è chiaramente suggerita la realizzazione di appositi cavedi di passaggio degli stessi, lontano da ambienti abitativi. All'interno dei cavedi le tubazioni devono comunque essere fissate con sistemi antivibranti e mantenute disconnesse dalle strutture edilizie. Laddove i cavedi debbano transitare in partizioni contigue ad ambienti abitativi è consigliato mantenere il cavedio sul lato di ambienti non abitativi, in modo da avere sufficiente spessore per il rivestimento verso l'ambiente abitativo. Laddove necessario il tutto va inscatolato per aumentare l'isolamento acustico verso l'ambiente abitativo.

A seguire si riporta un esempio di cavedio con le tubazioni di scarico con indicate le attenzioni necessarie.




*Posa di materassino fonoassorbente e di fascia elastomerica per disconnessione rispetto a strutture*

**Cappe, tubazioni e condotti**

La presenza di condotti e tubazioni cave, quali cappe di estrazione, impianti di ventilazione meccanica (singola o, peggio, centralizzata), condotte di ventilazione degli impianti di scarico, ecc., oltre alla riduzione dello spessore e della massa delle pareti, possono apportare un ulteriore discomfort acustico agli utenti dell'edificio ed inficiare completamente la prestazione acustica di partizioni.

Per tali condotti è necessario realizzare dei cassonetti in cartongesso per limitare il passaggio del rumore dai condotti al locale su cui sono prospicenti. All'interno dei cassonetti è necessario inserire del materiale fibroso a bassa massa volumica per limitare la parte di rumorosità riverberata.

**Impianti elettrici: canaline elettriche**

A livello di progetto e realizzazione elettrica **deve essere evitato il passaggio delle canaline elettriche attraverso pareti di separazione di ambienti sensibili necessitanti di isolamento acustico elevato**. Tuttavia qualora si evidenzi la necessità di perseguire questo intervento (da evitare necessariamente tra ambienti ad uso scolastico o tra di essi e spazi di distribuzione), è necessario intervenire con un trattamento acustico come di seguito indicato, da eseguirsi sulle canaline elettriche. Il trattamento delle canalette elettriche prevede l'avvolgimento delle medesime con un doppio strato isolante composto da fibra di poliestere ($\rho$ = 30 kg/m$^3$ e sp. 25/30 mm) e rivestimento in gomma pesante (sp. 3 mm, massa sup. 4 kg/m$^2$) da attuare in corrispondenza di ogni passaggio di canaline elettriche attraverso setti acustici o pareti divisorie tra ambienti. Il trattamento è da effettuare nelle seguenti modalità:

- avvolgimento della fibra di poliestere attorno alla canalina elettrica.
- avvolgimento con un secondo strato di ricopertura, questa volta in gomma pesante, attorno alla fibra già posata (per una lunghezza di 40 cm da ambo i lati del setto) e nastratura con nastro americano della gomma attorno alla canalina da entrambi i lati del setto evitando di lasciare fessure o spazi vuoti tra i vari elementi/materiali.
- inserimento cavi elettrici.
- solo dopo aver posato i cavi elettrici riempire la canalina con fibra di poliestere al di sopra dei cavi per una lunghezza pari a 40 cm da entrambi i lati del setto. Il materiale fibroso deve potere essere rimosso per eventuali operazioni di manutenzione.

*Esempio della corretta esecuzione del trattamento sulla canalina elettrica*

Per quanto concerne il trattamento dei frutti elettrici, si rimanda a quanto indicato al capitolo 6.2.

## 7. ELEMENTI DA VERIFICARE

Le verifiche sono state effettuate per tutte le facciate di ambienti abitabili.

### 7.1 Isolamento acustico standardizzato di facciata

L'intero edificio sarà realizzato ex-novo e l'isolamento acustico di facciata deve essere obbligatoriamente rispettato per gli ambienti abitativi pertanto si prescrivono a progetto le pareti di involucro e i serramenti idonei ad assicurare un adeguato comfort all'interno degli ambienti e quindi per rispettare quanto indicato nel D.P.C.M. 5/12/1997 "*Verifica dei requisiti acustici passivi dell'edificio*" e nel D.M. 23 giugno 2022 sui CAM.

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ fornito dalla normativa è un parametro relativo alla prestazione in opera e potrà quindi essere verificato tramite misure post-opera e sarà fortemente dipendente dalla corretta posa in opera. In fase istruttoria si procederà al calcolo previsionale del parametro $D_{2m,nT,w}$ relativo alle facciate secondo il metodo di cui alla norma tecnica UNI EN 12354 - 3: "*Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea*" e UNI TR 11175:

$$D2m,nT,w = R'w + \Delta Lfs + 10Log\frac{V}{6T_0S}$$

Nella quale:

$\Delta L_{fs}$ = Differenza di livello per forma della facciata

V = Volume ambiente interno

$T_0$ = Tempo di riverbero predefinito di riferimento, pari a 0,5 secondi

S = Superficie della parete vista dall'ambiente interno

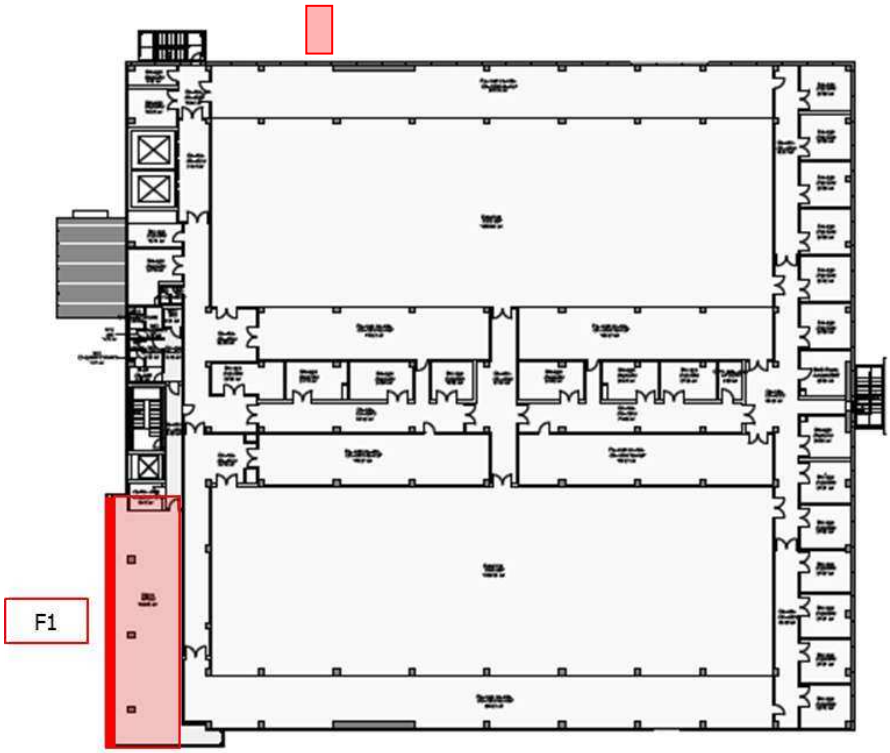
$R'_w$ = Potere fonoisolante apparente, pari a $R_w$ - K

K = Coefficiente di vincolo delle facciate (2 per vincoli rigidi, 0 per vincoli elastici)

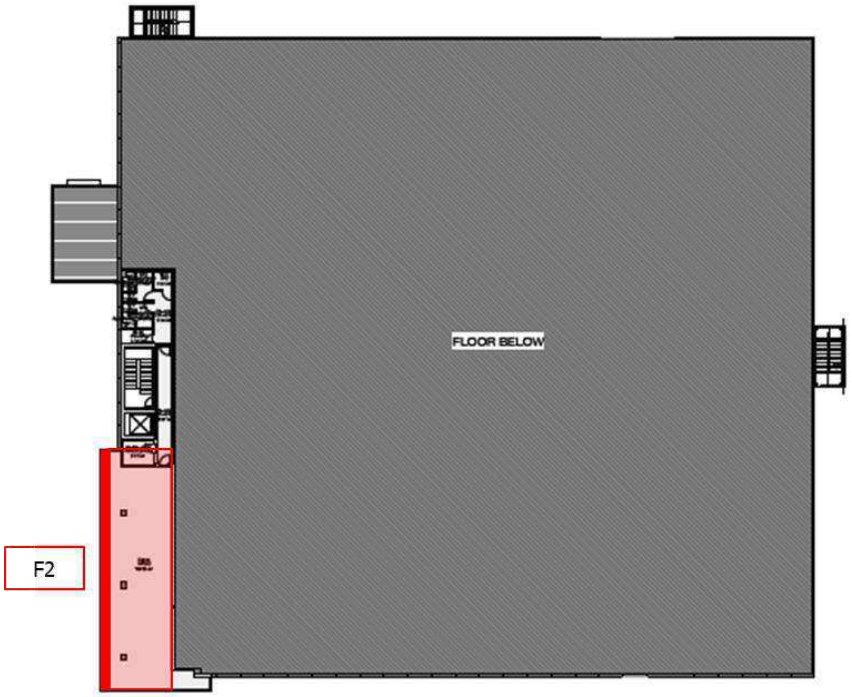
Di seguito si riporta un'analisi delle facciate continue con l'indicazione dei requisiti di potere fonoisolante $R_w$ che dovranno possedere per il rispetto del parametro di isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$. Ai fornitori andranno richiesti per tale tipologia di facciata valori di $R_w$ certificati da laboratori accreditati.

A seguire si riportano le planimetrie con evidenziati gli elementi oggetto di verifica dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

*Planimetria piano terra con individuazione dell'ufficio oggetto di verifiche*




*Planimetria piano primo con individuazione dell'ufficio oggetto di verifiche*




*Planimetria piano secondo con individuazione dell'ufficio oggetto di verifiche*

**Schede di calcolo**

A seguire si riportano le schede di calcolo dell'isolamento acustico standardizzato di facciata degli ambienti per cui si è eseguita la verifica. Nei calcoli previsionali si è tenuto conto delle considerazioni cautelative riportate di seguito:

- per la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale globale, per gli elementi di facciata, è stato sempre considerato il valore peggiorativo pari a 2, per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi;
- per la correzione dovuta alla forma della facciata, è stato scelto il valore pari a -1 anche per le porzioni di facciate piane;
- nella determinazione del potere fonoisolante dei serramenti si è considerata cautelativamente una perdita delle performance in opera almeno pari a 2 dB.

**Determinazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$**

FT

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE MEDIO**

| **ELEMENTI OPACHI (MURI, SOLAI, COPERTURE)** | n° simili | Lung. (m) | Alt. (m) | Rwi | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Comp. principale A (dim. lorde) - muro principale | 1 | 9,90 | 3,80 | 44 | | 37,62 |
| Comp. B (dim. Nette) – altra tipologia | | | | | | 0,00 |
| Comp. C (dim. Nette) – cavedi, scassi, etc | | | | | | |

| **ELEMENTI TRASPARENTI (FINESTRE, PORTE, ETC)** | n° simili | Larg. (m) | Alt. (m) | Rwi | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Comp. A | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | 0,00 |
| Comp. B | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | 0,00 |
| Comp. C | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | |

| **PICCOLI ELEMENTI (AERATORI, ETC.)** | n° simili | Area (mq) | $D_{n,e,wi}$ | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|
| Piccoli elementi A | | | | | |
| Piccoli elementi B | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S: Area totale netta interna della facciata | | mq | **37,62** |
| K: elementi connessi = 2; elementi non connessi 0 | 2 | | |
| R'w: potere fonoisolante medio | 42,0 | dB | |

**CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA**

| | | |
|---|---|---|
| Superficie netta di pavimento del locale | 127,92 | mq |
| Altezza media interna del locale | 3,80 | m |
| V: Volume netto del locale | 486,10 | mc |
| S: Area interna netta della facciata | 37,62 | mq |
| To - Tempo di riverbero di riferimento | 0,50 | sec |
| ΔLfs (correzione forma facciata) | -1,00 | dB |
| **$D_{2m,nT,w}$** | **47,3** | dB |

**Determinazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$**

**F1-F2**

**CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE MEDIO**

| **ELEMENTI OPACHI (MURI, SOLAI, COPERTURE)** | n° simili | Lung. (m) | Alt. (m) | Rwi | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Comp. principale A (dim. lorde) - muro principale | 1 | 22,90 | 2,80 | 44 | | 64,12 |
| Comp. B (dim. Nette) – altra tipologia | | | | | | 0,00 |
| Comp. C (dim. Nette) – cavedi, scassi, etc | | | | | | |

| **ELEMENTI TRASPARENTI (FINESTRE, PORTE, ETC)** | n° simili | Larg. (m) | Alt. (m) | Rwi | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Comp. A | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | 0,00 |
| Comp. B | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | 0,00 |
| Comp. C | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | | |

| **PICCOLI ELEMENTI (AERATORI, ETC.)** | n° simili | Area (mq) | $D_{n,e,wi}$ | Rif. All. n° | Area netta |
|---|---|---|---|---|---|
| Piccoli elementi A | | | | | |
| Piccoli elementi B | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| S: Area totale netta interna della facciata | | mq | **64,12** |
| K: elementi connessi = 2; elementi non connessi 0 | 2 | | |
| R'w: potere fonoisolante medio | 42,0 | dB | |

**CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA**

| | | |
|---|---|---|
| Superficie netta di pavimento del locale | 169,05 | mq |
| Altezza media interna del locale | 2,80 | m |
| V: Volume netto del locale | 473,34 | mc |
| S: Area interna netta della facciata | 64,12 | mq |
| To - Tempo di riverbero di riferimento | 0,50 | sec |
| ΔLfs (correzione forma facciata) | -1,00 | dB |
| **$D_{2m,nT,w}$** | **44,9** | dB |

Dai calcoli per la verifica dell'isolamento standardizzato di facciata si è ricavato che l'indice di potere fonoisolante **delle facciate continue da installare da installare dovrà essere**:

- **$R_w \geq 44$ dB**;

Tale valore è**utili per garantire il rispetto degli indici di isolamento acustico standardizzato di facciata** indicati dal D.P.C.M. 05/12/1997.

Si precisa che i valori forniti di $R_w$ sono intesi come prestazione da garantire per i **serramenti monoblocco, comprensivi di vetro e infisso (telaio e controtelaio), guarnizioni e cassonetto per avvolgibile, se presente, e qualsiasi altro elemento opaco facente parte del sistema di facciata continua**. Al fornitore

andranno richiesti serramenti (intendendo il complesso di tutti i componenti) con potere fonoisolante $R_w$ certificato da laboratorio pari o superiore a quanto indicato nelle schede di calcolo.

Il serramento selezionato dovrà avere un coefficiente correttivo $C_{tr}$ (legato al traffico veicolare) prossimo allo zero, per garantire idoneo isolamento degli ambienti abitativi e dovrà essere specificato all'interno del certificato acustico. Il certificato acustico fornito dovrà riportare le dimensioni del serramento verificato e del tipo di vetro. Qualora le caratteristiche dimensionali non coincidano, si potrà tenere in considerazione il prospetto B della norma UNI 14351 per la definizione del corretto valore di $R_{w,}$ per cui:

- se la dimensione del serramento di progetto è compresa tra +50% e +100% del serramento certificato, è richiesto un aumento del valore di $R_w$ di 1 dB;
- se la dimensione del serramento di progetto è compresa tra +100% e +150% del serramento certificato, è richiesto un aumento del valore di $R_w$ di 2 dB;
- se la dimensione del serramento di progetto è maggiore del 150% del serramento certificato, è richiesto un aumento del valore di $R_w$ di 3 dB.

Si fa presente che risulterà fondamentale una corretta e minuziosa posa in opera di tutti gli elementi, con chiusura di tutte le fessure e ponti acustici e sigillatura con materiali ad elevato isolamento acustico di tutte le connessioni tra i vari elementi. Tutte le congiunzioni e le fessure andranno sigillate sia sul lato interno e sia sul lato esterno mediante siliconatura o altro sigillante elastico similare. Si rimanda alla norma tecnica UNI 11296 come accortezze minime da porre in atto durante la posa.

**La conformità dei risultati delle verifiche eseguite dipende strettamente dalle caratteristiche e dalle prestazioni di tutti i componenti dell'involucro: pareti e serramenti. Ai fini del rispetto dei limiti normativi, è necessario che caratteristiche e prestazioni di tutti gli elementi siano conformi a quanto indicato nel presente documento e nelle tavole di progetto.**

## 8. CONCLUSIONI

Il presente documento **4266 ES A RK 02 Verifica dei Requisiti Acustici Passivi** è parte integrante del Procedimento Unico D.P.R. 160/2010 art. 7_L.R.12/2005 art. 97.

Lo scope of work ha riguardato la valutazione ai fini della verifica dei Requisiti Acustici Passivi in ottemperanza al D.P.C.M. 05/12/1997 per gli ambienti abitativi ad uso ufficio.

Sono state inoltre fornite, anche se non cogenti normativamente in quanto l'edificio di progetto consta di unica unità immobiliare, indicazioni atte a definire una rassegna di linee guida acustiche di tipo progettuale e costruttivo, le quali dovrebbero essere impiegate come riferimento indispensabile per il controllo e la mitigazione del rumore del manufatto architettonico.

Considerando, dunque, che l'edificio di progetto rappresenta unica unità immobiliare, dalle analisi svolte si può concludere quanto segue:

- il rispetto dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ in ottemperanza al D.P.C.M. 05/12/1997 sarà compatibile ai limiti di legge se vengono forniti serramenti in linea con gli indici di potere fonoisolante di laboratorio individuati nel paragrafo 7.1;

**Qualora le soluzioni tecniche progettuali e/o altri aspetti relativi all'intervento edilizio in oggetto subissero variazioni rispetto a quanto previsto nel presente progetto esecutivo e riportato nel presente documento, la valutazione dei requisiti acustici passivi dell'edificio dovrà essere necessariamente rivista e aggiornata.**

## 9. ELENCO ALLEGATI

All. 1 Decreto nomina Tecnico Competente in Acustica dell'Ing. Siciliano

RegioneLombardia

Giunta Regionale
DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI
PROTEZIONE ARIA E PREVENZIONE INQUINAMENTI FISICI E INDUSTRIALI

Piazza Città di Lombardia n.1
20124 Milano

Tel 02 6765.1

www.regione.lombardia.it
ambiente@pec.regione.lombardia.it

Protocollo T1.2012.0019665 del 09/10/2012
Firmato digitalmente da GIAN LUCA GURRIERI

Egr. Sig.

SICILIANO EMANUELE MARIA
Via Rizzoli, n. 2M
27010 ROGNANO (PV)

TC 1471

**Oggetto: Decreto del 27/09/2012, n. 8355, avente per oggetto: Riconoscimento al Sig. Siciliano Emanuele Maria della figura professionale di tecnico competente nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi dell'articolo 2, commi 6 e 7, della Legge 447/95.**

Si trasmette, in allegato, copia conforme all'originale del decreto indicato in oggetto, con il quale Lei è stato riconosciuto tecnico competente in acustica ambientale.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE

GIAN LUCA GURRIERI

Allegati:
decreto tecnico competente

Firma autografa sostituita con indicazione a stampa del nominativo del soggetto responsabile ai sensi del D.Lgs. 39/93 art. 3 c. 2.

**Referente per l'istruttoria della pratica:** ENRICO POZZI - Tel. 02/6765.5067

RegioneLombardia

SI RILASCIA SENZA BOLLO PER GLI USI CONSENTITI DALLA LEGGE

# DECRETO N° 8355 Del 27/09/2012

Identificativo Atto n. 716

DIREZIONE GENERALE AMBIENTE, ENERGIA E RETI

Oggetto

RICONOSCIMENTO AL SIG. SICILIANO EMANUELE MARIA DELLA FIGURA PROFESSIONALE DI TECNICO COMPETENTE NEL CAMPO DELL'ACUSTICA AMBIENTALE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 2, COMMI 6 E 7, DELLA LEGGE 447/95.

GIUNTA REGIONALE REGIONE LOMBARDA

L'atto si compone di _____ pagine
di cui _____ pagine di allegati,
parte integrante

Regione Lombardia
La presente copia, composta di n. 3 fogli, è conforme all'originale depositata agli atti di questa Direzione Generale.
Milano, 27-09-12